



Pedro Miguel Farkas Silva

Mestre em Química

Desenvolvimento de Novos Produtos e Arranque de uma Instalação Piloto de Refrigerantes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologias de Produção e Transformação Agro-industrial

Orientador: Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro

Professor Auxiliar

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

Co-orientador: José Miguel Vieira Cancela

Gestor de Projetos de I&D

UNICER – Bebidas, S.A.

Júri:

Presidente: Professor Doutor Fernando Henrique da Silva
Reboredo

Vogais: Professora Doutora Virgínia Helena Arimateia de
Campos Machado

Engenheiro José Miguel Vieira Cancela



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2016

Desenvolvimento de Novos Produtos e Arranque de uma Instalação Piloto de Refrigerantes

Copyright © Pedro Miguel Farkas Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só foi possível com a colaboração empenhada de algumas pessoas a quem quero reservar umas palavras de agradecimento.

Ao Engenheiro Miguel Cancela e à restante equipa de I&D da UNICER/Leça do Balio, liderada pela Doutora Cristina Silva. Quero agradecer-lhes a confiança em mim depositada e todo o apoio, técnico e logístico, que recebi durante a minha permanência na empresa.

À Professora Maria Manuela Simões agradeço a disponibilidade e atenção que dedicou desde o início, quer no acompanhamento do meu estágio, quer na elaboração desta dissertação.

Aos Professores José Almeida e Sofia Barbosa agradeço-lhes a ajuda prestada na análise estatística apresentada nesta dissertação.

Aos Professores Fernando Lidon, Fernando Reboredo e Fernanda Pessoa agradeço-lhes a oportunidade concedida para apresentar um resumo do trabalho desenvolvido no âmbito da tese de Mestrado no 2.º Simpósio de Produção e Transformação de Alimentos em Ambiente Sustentável.

Aos meus pais Américo e Rosália Silva, e à minha namorada Gisela Matos, agradeço-lhes todo o esforço, todo o empenho e todas as coisas importantes que tiveram de abdicar durante os meses de estágio e que, no seu conjunto, tornaram possível a concretização deste trabalho.

Ao leitor desejo que esta dissertação lhe transmita o conhecimento procurado e que espelhe a satisfação e o prazer da aprendizagem que tive junto dos profissionais da UNICER.

Resumo

O investimento contínuo em projetos de I&D com vista à introdução de novos produtos no mercado é uma estratégia que as empresas utilizam para obterem lucros sustentáveis, que lhes permitam sobreviver e ganhar espaço de mercado face às suas concorrentes.

No processo de desenvolvimento de novos produtos, a utilização de instalações piloto desempenha um papel crucial pois, através do fabrico do produto em pequena escala, é possível estudar o seu processo de fabrico e produzir protótipos em quantidades suficientes para os testes internos e de mercado.

No presente trabalho é abordada a metodologia do arranque de um módulo da instalação piloto de refrigerantes da UNICER, em Leça do Balio. Este módulo, designado Módulo carbonatador/misturador, é responsável pelas etapas de desarejamento e carbonatação da água de processo onde é feita a diluição proporcionada dos ingredientes para obtenção do produto final. Realizaram-se testes ao funcionamento do módulo, os quais permitiram verificar o seu desempenho e identificar problemas durante as etapas de elaboração de bebida e de higienização.

Através dos ensaios de desarejamento e carbonatação de água obtiveram-se modelos matemáticos capazes de descrever corretamente o efeito das variáveis operacionais daquelas etapas no nível de carbonatação da água carbonatada usada na diluição. Com os ensaios de diluição proporcionada, foi possível identificar os problemas que estão na origem dos desvios nos valores de Brix dos refrigerantes obtidos em relação ao que seria espectável.

Paralelamente às atividades de arranque da instalação piloto de refrigerantes foi feito o acompanhamento do processo de fabrico de cerveja artesanal e prestado apoio em projetos de reformulação de águas minerais com sabores.

Palavras-chave: Desenvolvimento de novos produtos, instalação piloto, refrigerantes, fabrico de cerveja, UNICER

Abstract

The continued investment in R & D projects aiming the introduction of new products to market is a strategy that companies use to achieve sustainable profits, enabling them to survive and win market space compared to its competitors.

In the process of New Product Development, the use of pilot plants plays a crucial role since, by manufacturing the product on a small scale, it is possible to study up its manufacturing process and to produce the prototypes in sufficient amount for the internal and market testing.

In this dissertation it is addressed the methodology used for the start-up of a softdrink production module constituent of the Pilot Plant, property of UNICER (Leça do Balio). The so called carbonation/mixing module is used in the deaeration/carbonation of the processing water, as well as the dilution step of the components found in the final carbonated softdrink.

This module was subjected to operational performance tests that allowed the observation of its performance the identification of arising issues in the softdrink preparation and hygiene processes.

Predictive mathematical models were obtained from water deaeration and carbonation trials. These models correctly describe the effect of operational variables of those steps in the level of carbonation of the processing water. By mean of the undertaken dilution trials it was possible to identify the issues at the origin of deviations in the Brix values of the manufactured softdrinks in relation to what would be expected.

At the same time, it was made the monitoring of the beer production process, and it was rendered aid in projects aimed the reformulation of flavored mineral water.

Keywords: New product development, pilot plant, soft-drinks, beer production, UNICER

Índice

<i>Agradecimentos</i>	<i>ii</i>
<i>Resumo</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Índice</i>	<i>V</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>Ix</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>Xi</i>
<i>Abreviaturas</i>	<i>Xiii</i>
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e objetivos	1
1.2. UNICER – Bebidas, S.A.	2
1.3. Objetivo e estrutura da dissertação	3
2. Fundamentos teóricos sobre desenvolvimento e produção de bebidas	5
2.1. Desenvolvimento de Novos Produtos	5
2.2. A água na indústria das bebidas	10
2.2.1. <i>Utilização da água pela indústria das bebidas</i>	11
2.2.2. <i>Águas engarrafadas</i>	17
2.3. Desenvolvimento e produção de refrigerantes	19
2.3.1. <i>Definição de bebida refrigerante</i>	19
2.3.2. <i>Composição de um refrigerante</i>	19
2.3.2.1. Adoçantes	19
2.3.2.2. Acidulantes	20
2.3.2.3. Aromas	20
2.3.2.4. Corantes	21
2.3.2.5. Dióxido de carbono	21
2.3.2.6. Água	22
2.3.2.7. Componentes auxiliares	24
2.3.3. <i>Tipos de refrigerantes</i>	25
2.3.4. <i>Processo de fabrico de refrigerantes</i>	26
2.3.4.1. Preparação do xarope	27

2.3.4.2. Pasteurização do xarope	29
2.3.4.3. Diluição proporcionada	29
2.3.4.4. Carbonatação	29
2.3.4.5. Enchimento	30
2.3.4.6. Pasteurização	33
2.3.5. <i>Controlo de qualidade na produção de refrigerantes</i>	34
2.3.5.1. Análises físico-químicas	34
2.3.5.2. Análise Sensorial	42
2.4. Desenvolvimento e produção de cervejas	45
2.4.1. <i>Definição de cerveja</i>	45
2.4.2. <i>Matérias-primas</i>	45
2.4.2.1. Água	45
2.4.2.2. Malte de cevada	47
2.4.2.3. Adjuntos	52
2.4.2.4. Lúpulo	52
2.4.2.5. Levedura	56
2.4.3. <i>Estilos de cerveja</i>	59
2.4.4. <i>Características da cerveja</i>	60
2.4.5. <i>Tipos de cerveja</i>	63
2.4.6. <i>Processo de fabrico de cervejas</i>	63
2.4.6.1. Moagem	63
2.4.6.2. Brassagem	64
2.4.6.3. Filtração	65
2.4.6.4. Ebulição	65
2.4.6.5. Clarificação do mosto	66
2.4.6.6. Arrefecimento	66
2.4.6.7. Sementeira e fermentação	66
2.4.6.8. Maturação e estabilização	67
2.4.6.9. Clarificação da cerveja	68
2.4.6.10. Pasteurização	69
2.4.6.11. Enchimento	69
2.5. Higienização de equipamentos	70
2.5.1. <i>Limpeza</i>	70
2.5.2. <i>Desinfecção</i>	71

2.6. Pensamento <i>Lean</i>	72
2.6.1. Princípios	73
2.6.2. Desperdícios	74
2.6.3. Ferramentas	76
2.6.3.1. "5 S"	76
2.6.3.2. Ciclo PDCA	77
3. Arranque da instalação piloto de refrigerantes da UNICER	79
3.1. Caracterização do módulo carbonatador/misturador	80
3.2. Procedimentos de operação	81
3.2.1. <i>Procedimento de elaboração da bebida</i>	81
3.2.1.1. Arrefecimento do TDC e tubagens	82
3.2.1.2. Carregamento do TDC	82
3.2.1.3. Desarejamento	83
3.2.1.4. Carbonatação	84
3.2.1.5. Desarejamento e pressurização do TP	85
3.2.1.6. Diluição proporcionada e transferência para o TP	85
3.2.2. <i>Procedimentos de recolha de amostras</i>	88
3.2.3. <i>Procedimentos de controlo de qualidade</i>	90
3.2.3.1. Determinação do Brix	90
3.2.3.2. Determinação do nível de carbonatação	90
3.2.4. <i>Procedimentos de higienização</i>	91
3.3. Testes ao funcionamento do módulo carbonatador/misturador	93
3.3.1. <i>Testes de elaboração de bebida</i>	93
3.3.1.1. Ensaaios de carbonatação de água desarejada	93
3.3.1.2. Ensaaios de diluição proporcionada	102
3.3.2. <i>Testes de higienização</i>	107
4. Produção de cerveja e outras atividades de I&D	108
4.1. Produção de cerveja	108
4.1.1. <i>Atividades na OC</i>	109
4.1.1.1. Enchimento manual de barris	109
4.1.1.2. Pasteurização de cerveja	113
4.1.1.3. Transferência do produto acabado para a logística	114
4.1.2. <i>Atividades na IPC</i>	114

4.1.3. Atividades de gestão Lean na IPC e MF	115
4.2. Desenvolvimento de águas gasocarbônicas aromatizadas	117
4.3. Ensaios de validação de uma linha de enchimento	119
5. Conclusões	122
Referências Bibliográficas	126
Anexos	131
A.1. Arranque da instalação piloto de refrigerantes da UNICER	132
A1.1. Caracterização do módulo carbonatador/misturador	132
A1.2. Procedimento operacional padrão de fabrico do MCM da IPR	137
A1.3. Análise de resultados dos testes de funcionamento do MCM	148
A2. Produção de cervejas e outras atividades de I&D	152
A2.1. Boletim de análise para testes de Perfil Aromático	152
A2.2. Lista de descritores para teses de Perfil Aromático de águas, refrigerantes e sumos	153
A2.3. Boletim de análise para testes triangulares	153

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1</i> - Marcas comercializadas pela UNICER	2
<i>Figura 2.1</i> - Ciclo de vida do produto em termos de: a) número de vendas, b) lucro, c) contribuição da introdução de NPA para o lucro	7
<i>Figura 2.2</i> - Etapas do processo de DNP alimentares	8
<i>Figura 2.3</i> - Esquema geral de fabrico industrial de refrigerantes. A carbonatação só é realizada no fabrico de refrigerantes carbonatados	27
<i>Figura 2.4</i> - Reação de hidrólise (ou inversão) da sacarose em meio ácido resultando uma mistura de glucose e frutose (açúcar invertido)	37
<i>Figura 2.5</i> - Aparelho medidor de nível de carbonatação	40
<i>Figura 2.6</i> - Variedades de cevada: a) dística b) hexástica	47
<i>Figura 2.7</i> - Secção cruzada longitudinal do grão de cevada	48
<i>Figura 2.8</i> - Lúpulo: a) Cultivo da planta; b) Flor de lúpulo; c) Estrutura da flor	53
<i>Figura 2.9</i> - Leveduras de alta fermentação (Ampliado 1000x)	57
<i>Figura 2.10</i> - Levedura de baixa fermentação (Ampliado 1000x)	58
<i>Figura 2.11</i> - Principais famílias de estilos de cerveja	61
<i>Figura 2.12</i> - Diagrama de fluxo de fabrico de cerveja	63
<i>Figura 3.1</i> - Equipamento constituinte da IPR: a) módulo carbonatador/misturador; b) módulo enchedor automático em contrapressão e c) taque de pasteurização	79
<i>Figura 3.2</i> - Representação esquemática da enchedora manual utilizada	88
<i>Figura 3.3</i> - Medidor automático de dióxido de carbono dissolvido, <i>CarboQC/Anton Paar</i>	90
<i>Figura 3.4</i> - <i>Boxplots</i> de cada grupo de ensaios de carbonatação de água desarejada: a) A1, b) A2, c) A3 e d) A4.	99
<i>Figura 3.5</i> - Comparação dos <i>Boxplots</i> de cada refrigerante (R1, R5, R7, R8 e R9) e da água utilizada no seu fabrico (A2.1, A2.4, A3.1, A3.2 e A3.3)	105
<i>Figura 4.1</i> - Gama disponível de <i>Super Bock Seleção 1927</i>	108
<i>Figura 4.2</i> - Medidor de gases dissolvidos <i>Pentair/Haffmans</i>	111
<i>Figura 4.3</i> - Transferência de produto acabado para a logística	114
<i>Figura 4.4</i> - Quadro de gestão <i>Lean</i>	115
<i>Figura 5.1</i> - Metodologia adotada no arranque do MCM durante a primeira fase do projeto START_IPR	122
<i>Figura A1.1.a</i>) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - diferentes perspetivas	132
<i>Figura A1.1.b</i>) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - Tanque desarejamento/carbonatação (TDC)	133

<i>Figura A1.1.c) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) – Tanque produto (TP)</i>	134
<i>Figura A1.1.d) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) – Unidade de Mistura (UM)</i>	135
<i>Figura A1.1.e) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) – Quadro (Q)</i>	136
<i>Figura A2.1 - Boletim de análise para testes de Perfil Aromático</i>	152
<i>Figura A2.2 - Lista de descritores para testes de Perfil Aromático de águas, refrigerantes e sumos</i>	153
<i>Figura A2.3 - Boletim de análise para testes triangulares</i>	154

Índice de Tabelas

<i>Tabela 2.1 - Diferenças entre águas superficiais e águas subterrâneas</i>	11
<i>Tabela 2.2 - Parâmetros analisados no controlo de qualidade da água destinada ao consumo humano</i>	12
<i>Tabela 2.3 - Benefícios para a saúde de vários tipos de águas naturais</i>	14
<i>Tabela 2.4 - Parâmetros da água e operações de tratamento</i>	15
<i>Tabela 2.5 - Parâmetros mais relevantes de qualidade da água utilizada no fabrico de refrigerantes</i>	23
<i>Tabela 2.6 - Parâmetros da água relevantes para o fabrico e qualidade da cerveja</i>	46
<i>Tabela 2.7 - Características de qualidade da cerveja</i>	62
<i>Tabela 3.1 - Condições operacionais das etapas de desarejamento e carbonatação de água no TDC</i>	93
<i>Tabela 3.2 - Resultados obtidos nos ensaios de carbonatação de água desarejada no TDC</i>	95
<i>Tabela 3.3 - Medidas de posição e de localização na distribuição de valores medidos de dióxido de carbono (g/L) e de ar (ppm) nos ensaios de carbonatação de água desarejada.</i>	98
<i>Tabela 3.4- Categorização das variáveis operacionais</i>	100
<i>Tabela 3.5 - Resultados obtidos nos diversos ensaios de diluição proporcionada</i>	103
<i>Tabela 3.6. – Medidas de posição e de localização na distribuição de valores medidos de dióxido de carbono (g/L) em cada um dos ensaios de diluição proporcionada.</i>	104
<i>Tabela 3.7. – Medidas de posição e de dispersão na distribuição de valores medidos de Brix em cada um dos ensaios de diluição proporcionada.</i>	104
<i>Tabela 3.8 – Relação do Brix obtido nos ensaios R4,R5 e R6 com o valor de Brix esperado.</i>	107
<i>Tabela 4.1 - Operações de produção e medidas de controlo de qualidade no fabrico de cerveja na MF</i>	110
<i>Tabela 5.1 – Previsão da concentração de dióxido de carbono nas águas carbonatadas no TDC utilizando o modelo de regressão múltipla</i>	124
<i>Tabela A1.3-1 – Valor médio da concentração de dióxido de carbono das amostras i dos j grupos de ensaios de carbonatação de água desarejada</i>	148
<i>Tabela A1.3-2 – Valores das variáveis para a construção do modelo de regressão linear múltipla</i>	149

<i>Tabela A1.3-3 – Propriedades do modelo de regressão linear múltiplo gerado</i>	150
<i>Tabela A1.3-4 – Valor médio da concentração de ar das amostras i dos j grupos de ensaios de carbonatação de água desarejada</i>	150
<i>Tabela A1.3-5 – Valores das variáveis para a construção do modelo de regressão linear simples</i>	151
<i>Tabela A1.3-6 – Propriedades do modelo de regressão linear simples gerado</i>	151

Abreviaturas

Bd	- Bomba doseadora de ingredientes
BI	- Braço de injeção (de dióxido de carbono)
Bp	- Bomba principal
Cd	- Cabeça (da bomba) doseadora
CdTDC	- Cabeça (doseadora) relativa ao tanque de desarejamento/carbonatação
CIP	- <i>Clean-in-place</i>
COP	- <i>Clean-off-place</i>
DNP	- Desenvolvimento de novos produtos
EBC	- <i>European Brewing Convention</i>
HDPE	- <i>High density polyethylene</i> (ou polietileno de alta densidade)
I&D	- Investigação e desenvolvimento
IN	- Indicador de nível
IPC	- Instalação piloto de cerveja
IPR	- Instalação piloto de refrigerantes
LC	- Laboratório central
LDPE	- <i>Low density polyethylene</i> (ou polietileno de baixa densidade)
M1	- Manómetro (relativo ao TDC)
M2	- Manómetro (relativo ao TP)
MCM	- Módulo carbonatador/misturador
ME	- módulo enchedor (automático em contrapressão)
MF	- Mini-fábrica de cerveja
MM	- Mini-maltaria
NPA	- Novo produto alimentar
OC	- Oficina da cerveja
PDCA	- <i>Plan, Do, Check, Act</i>
PET	- <i>Polyethylene terephthalate</i> (ou polietileno tereftalato)
pH	- Potencial de hidrogénio iónico
POS	- Plano operacional standard
Q	- Quadro de distribuição

SP - Sala de provas

SRM - *Standard Reference Method*

t1 - tempo final da operação de desarejamento

t2 - tempo inicial da operação de carbonatação

t3 - tempo final da operação de carbonatação

tc - tempo de carbonatação

TCF - Tanque de cerveja filtrada

td - tempo de desarejamento

TDC - Tanque de desarejamento/carbonatação

TF - Tanques de fermentação

TI1 - Torneira de injeção (relativo ao TDC)

TI2 - Torneira de injeção (relativo ao TP)

TP - Tanque de produto

TPast - Tanque de pasteurização

UM - Unidade de mistura

V - Válvula

Vesg - Válvula de esgoto

Vr1 - Válvula de retenção (relativa ao TDC)

Vr2 - Válvula de retenção (relativa ao TP)

Introdução

1.1. Enquadramento e objetivos

Esta dissertação destinada à obtenção do grau de Mestre em Tecnologias de Produção e Transformação Agroindustriais foi elaborada com base no estágio curricular realizado no Departamento de Qualidade, Inovação e Desenvolvimento da UNICER, no centro de produção de Leça do Balio.

O estágio decorreu no período de Janeiro a Junho de 2016 e teve como objetivo a execução da primeira fase do projeto START_IPR, que visa o arranque de uma instalação piloto de refrigerantes (IPR).

A IPR é constituída por três módulos destinados à execução de cada uma das etapas do fabrico de refrigerantes. Com este projeto pretendeu-se testar e colocar em funcionamento o módulo carbonatador/misturador (MCM) e o módulo enchedor automático em contrapressão (ME).

Durante o estágio foram também realizadas diversas atividades com vista à aquisição de competências científicas e profissionais na área do desenvolvimento e produção de bebidas. Na Oficina da Cerveja (OC) e na Instalação Piloto de Cervejas (IPC), foi feito o acompanhamento do fabrico de cervejas. Adicionalmente foi dado um contributo na execução de projetos de reformulação de águas engarrafadas com sabores na fase de desenvolvimento laboratorial.

1.2. UNICER – Bebidas, S.A.

A UNICER – Bebidas, S.A. é a maior empresa portuguesa de bebidas, cuja atividade assenta nos negócios das cervejas e das águas engarrafadas, nos refrigerantes, nos vinhos, na produção e comercialização de malte e no turismo (UNICER, 2016a). Com uma estrutura acionista maioritariamente portuguesa, a UNICER é detida em 56% pelo Grupo VIACER (BPI, Arsopi e Violas) e em 44% pelo Grupo Carlsberg (UNICER, 2016f).

Esta empresa está presente de Norte a Sul do país, dispondo de diversos centros de produção localizados em Leça do Balio, Pedras Salgadas, Castelo de Vide, Caramulo, Envendos, Melgaço, Póvoa do Lanhoso e Poceirão (UNICER, 2016b). O centro de produção de Leça do Balio, onde foi desenvolvida esta dissertação dispõe, desde 2003, de uma instalação piloto destinada a apoiar o desenvolvimento de novos produtos e seus processos de fabrico. Uma importante aposta em inovação permitiu a inauguração em 2008 de uma Mini-Maltaria e Mini-fábrica dedicada à produção de cervejas artesanais (Super Bock Seleção 1927) (UNICER, 2016c). Recentemente, este centro de produção adquiriu um módulo piloto para o desenvolvimento de refrigerantes.

Com o objetivo de reforçar a fidelização dos seus consumidores, a UNICER tem apostado na criação de um variado portfólio de marcas de produtos de valor acrescentado, nomeadamente cervejas, refrigerantes, águas, vinhos, sidras e sangrias (figura 1.1).



Figura 1.1 - Marcas comercializadas pela UNICER (adaptado de UNICER, 2016a)

1.3. Objetivo e estrutura da dissertação

Este trabalho pretende abordar a temática do desenvolvimento de novos produtos aplicado à indústria das bebidas. Neste contexto, é discutida uma metodologia para o arranque de uma instalação piloto destinada ao desenvolvimento e produção de refrigerantes.

Após este capítulo introdutório, começar-se-á, no capítulo 2, por referir a importância do desenvolvimento de novos produtos para as empresas da indústria alimentar. Segue-se uma exposição sobre a água que, no setor das bebidas, desempenha um papel primordial já que é o componente principal de refrigerantes e cervejas, atuando também como solvente de agentes de higienização e como meio de transferência de calor em operações unitárias (e.g. arrefecimento e pasteurização). Nas secções relativas ao desenvolvimento e produção de refrigerantes e de cervejas são mencionadas as matérias-primas, o processo de fabrico industrial e as características de qualidade mais relevantes daquelas bebidas. No final deste capítulo é feita referência à gestão *Lean*, uma medida de melhoria contínua da produção utilizada pela UNICER.

O capítulo 3 é dedicado à primeira fase do projeto START_IPR que se centrou na ativação do módulo carbonatador/misturador (MCM) da instalação piloto de refrigerantes (IPR). Tratando-se de um módulo inutilizado há diversos anos e sendo escassa a informação disponível no manual de funcionamento, foi adotada uma metodologia baseada em três pontos:

- Identificação das suas componentes (i.e. tanques, válvulas e torneiras);
- Realização de testes ao funcionamento do MCM com o objetivo de observar-se o efeito das variáveis operacionais nas propriedades do produto obtido. A partir dos dados obtidos com a realização destes testes pretendeu-se, por um lado estabelecer, através de modelos estatísticos, uma relação entre as variáveis operacionais e as características do produto final (e.g. nível de carbonatação e Brix), por outro lado, pretendeu-se identificar a ocorrência de problemas provenientes de mau funcionamento do MCM ou de ações procedimentais desaconselhadas. Os testes de funcionamento incluíram também a observação do

desempenho do equipamento durante a operação de limpeza *clean-in-place* (CIP) com água limpa;

- Construção de um procedimento de operação que incluía, não só a elaboração da bebida no MCM (i.e. desarejamento/carbonatação de água e diluição proporcionada dos componentes), mas também o enchimento/encapsulamento da bebida, o controlo de qualidade e a higienização do equipamento.

No capítulo 4 deste trabalho são abordadas outras atividades realizadas durante o estágio, nomeadamente o acompanhamento e execução do fabrico de cerveja na Oficina da Cerveja (OC); atividades de gestão *Lean* em áreas de produção; reformulação de águas gasocarbónicas aromatizadas; e ensaios de validação de uma linha de enchimento de cerveja.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões para as etapas seguintes do projeto START_IPR.

Fundamentos teóricos sobre desenvolvimento e produção de bebidas

2.1. Desenvolvimento de Novos Produtos

Etimologicamente, um novo produto alimentar (NPA) pode definir-se como aquele produto que nunca tenha sido apresentado antes em nenhum Mercado em qualquer parte do mundo. No entanto, nos dias de hoje esta ocorrência é rara. Na realidade, a definição de novo produto alimentar é complexa e depende da perspectiva considerada, nomeadamente do mercado, da indústria (i.e. da empresa que o fabrica) e do consumidor.

Para um determinado mercado, um NPA é aquele produto nunca antes vendido quer na sua forma própria quer numa forma concetualmente semelhante. Para o consumidor, os NPA são aqueles que ele não conhece por serem realmente originais, por serem novos no Mercado; aqueles que adquire pela primeira vez, embora possam já existir no Mercado; e aqueles que identifica de forma diferente, em consequência de estratégias de reposicionamento desses produtos. Na perspectiva da empresa, um NPA caracteriza-se como aquele produto que (relativamente a essa mesma empresa) nunca foi anteriormente produzido e que é introduzido pela primeira vez no Mercado; ou aquele produto que é introduzido com uma nova função ou com características nunca anteriormente exploradas (e.g. embalagem, rotulagem, forma, tamanho).

Os NPA podem ser divididos em diferentes classes, incluindo “extensões de linha”; “reposicionamento”, “reformulação” e “re-embalamento” de produtos existentes; “produtos criativos” e “produtos inovadores”.

As extensões de linha correspondem a variantes de produtos com um posicionamento semelhante aos produtos de uma linha já existente. A adição de sabores a uma água natural engarrafada é um exemplo que se enquadra na categoria de NPA.

O reposicionamento consiste em criar um novo nicho de mercado e dar uma nova utilização a produtos já existentes. É o caso, por exemplo, do posicionamento dos refrigerantes como principais acompanhamentos nas refeições.

A reformulação de produtos existentes pode surgir por diversas razões, tais como: melhorar as suas características sensoriais, nutritivas e de estabilidade; para substituir ingredientes indisponíveis, perigosos ou caros por outros mais disponíveis, seguros, baratos e com propriedades mais favoráveis aos processos de fabrico; para produzir versões (imitações) mais baratas dos produtos já existentes. A reformulação de produtos pode também ser necessária para criar novos nichos de mercado, por exemplo, bebidas com baixo teor de calorias, enriquecidas com fibras e baixo teor de sódio.

O re-embalamento pode envolver a redução do tamanho das embalagens por forma a tornar a sua utilização mais conveniente ao consumidor; a alteração do tipo de material e da rotulagem. Um exemplo são as garrafas de cerveja em alumínio.

Os NPA podem também ser classificados em produtos inovadores e produtos criativos, respetivamente de acordo com o grau de mudança face a produtos já existentes e o grau de originalidade. Exemplos de inovação e criatividade podem ser encontrados na invenção de novos estilos de cerveja artesanal a partir da combinação de diferentes variedades de matérias-primas (lúpulos, maltes, leveduras e água) com novas misturas, novos métodos de fermentação e novos recipientes.

Qualquer produto, após ter sido lançado no mercado, possui um ciclo de vida que traduz a evolução ao longo do tempo da aceitação do produto pelo cliente, expressa em número de vendas (figura 2.1a) ou em lucro gerado dessas vendas (figura 2.1b). Na representação do ciclo de vida são identificadas cinco fases.

Na fase em que o produto é introduzido no mercado (1), as vendas crescem muito lentamente e o lucro gerado não compensa os investimentos realizados no projeto de I&D e na estratégia de *marketing* necessária à sua

penetração no mercado (e.g. promoções, publicidade, demonstrações em loja). Segue-se uma fase de crescimento rápido das vendas (2) porque os clientes repetem a compra do produto e recomendam-no a outros clientes. Num determinado ponto desta fase os lucros das vendas superam as despesas. Na fase seguinte (3), verifica-se um abrandamento das vendas devido ao aparecimento no mercado de produtos competidores. Na fase de estabilização das vendas (4) observa-se uma redução dos lucros provocada pelo aumento nos investimentos necessários ao melhoramento do produto, para que este sobreviva no mercado. No final desta fase, as empresas optam por cessar o fabrico do produto. Na última fase do ciclo de vida do produto (5), as vendas diminuem até que se tornam insuficientes para gerarem lucro. Nessa altura a permanência do produto no mercado torna-se inviável.

Para que as empresas sobrevivam e ganhem espaço de mercado face às suas concorrentes, os lucros gerados da venda dos seus produtos devem existir e perdurar ao longo do tempo. A representação da figura 2.1c) demonstra que a introdução sequencial de dois novos produtos permite que a empresa mantenha um cenário de lucro num determinado período de tempo. Esta estratégia obriga a que as empresas tenham disponíveis novos produtos

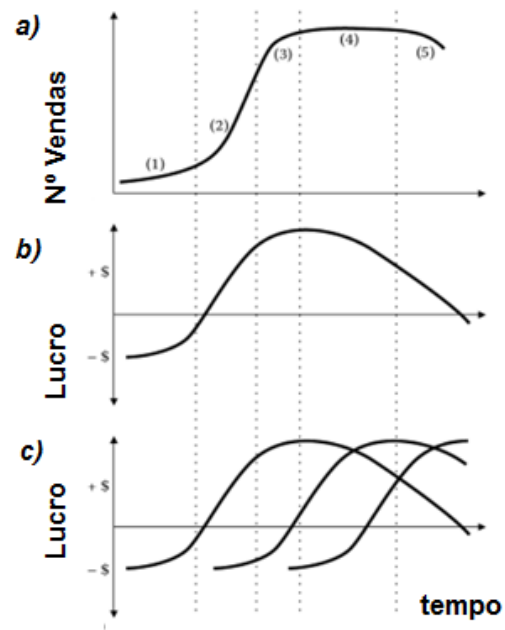


Figura 2.1 - Ciclo de vida do produto em termos de: a) número de vendas, b) lucro, c) contribuição da introdução de NPA para o lucro (adaptado de FULLER, 2011)

prontos a serem lançados no mercado, devendo portanto apostar continuamente em projetos de I&D.

Até que um produto esteja disponível para ser lançado, deverão ser executadas uma série de etapas do processo de desenvolvimento de novos produtos (DNP). Apesar de não existir consenso sobre o número, designação e ordem de cada uma dessas etapas, o processo pode ser genericamente descrito através do diagrama da figura 2.2.

Depois de se assumir a importância do DNP como forma da empresa atingir os seus objetivos, é necessário identificar quem são os clientes/consumidores e quais as suas necessidades. Esta informação, obtida pela equipa de *marketing* da empresa, permite determinar quais os produtos que vão ao encontro dos objetivos da empresa e que simultaneamente servem as necessidades dos seus clientes/consumidores.

Na etapa seguinte, as ideias de novos produtos são selecionadas com base em estudos de viabilidade, de mercado, e financeiros. Os estudos de mercado, realizados pela equipa de desenvolvimento, visam determinar a exequibilidade da ideia no prazo e com os recursos disponíveis. Paralelamente, a equipa de *marketing*, através de estudos de mercado, procura saber se a ideia vai ou não ao encontro das necessidades dos

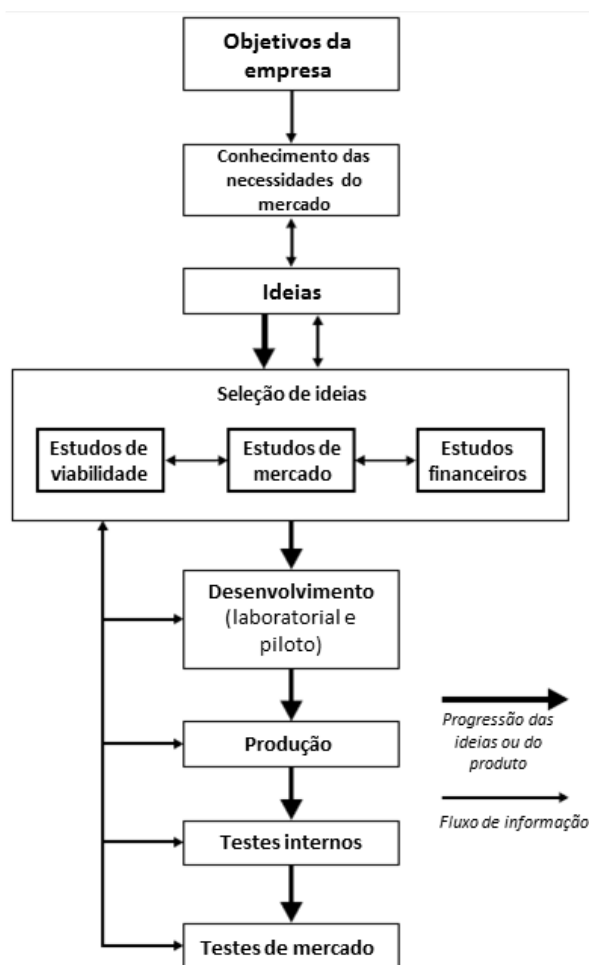


Figura 2.2 - Etapas do processo de DNP alimentares (adaptado de FULLER, 2011)

clientes/consumidores. Através de um plano de negócios, o departamento financeiro procura estudar a viabilidade financeira da concretização da ideia.

Na etapa de desenvolvimento são produzidos, às escalas laboratorial e piloto, protótipos com as características pretendidas para o produto. A informação que resulta dos estudos de desenvolvimento possibilita o conhecimento acerca do modo como deve ser desenhado o processo de fabrico assim como dos recursos necessários (i.e., matérias-primas, ingredientes, embalagens, e equipamentos). Os protótipos progressivamente produzidos nesta etapa são submetidos a análises sensoriais que determinam ou não a necessidade de reformulação do produto. A transmissão da informação obtida pelo departamento de I&D durante esta etapa é vital para o envolvimento de outros departamentos, nomeadamente o financeiro (na construção de um completo plano de negócios); de *marketing* (no delineamento de uma eficiente estratégia de *marketing*), e de produção (na determinação da capacidade produtiva e das necessidades de mão-de-obra) (FULLER, 2011).

Nas etapas seguintes, as amostras do produto, fabricadas à escala piloto, são submetidos a testes internos e de mercado. Os testes internos visam determinar se os protótipos produzidos estão de acordo com os requisitos especificados durante a fase de desenvolvimento. Destes pode resultar a fabricação de um protótipo melhorado destinado aos testes preliminares de mercado, i.e. testes realizados com um número limitado de clientes selecionados (e.g. elementos da própria empresa ou empresas com as quais existem relações privilegiadas). A realização de testes de mercado finais, i.e. testes realizados com uma amostra representativa dos potenciais clientes, podem implicar a fabricação de um novo protótipo melhorado (SPI, 2016). Estes testes são realizados em uma ou em várias localidades durante dias, semanas ou mesmo meses. Pretende-se com estes testes medir o nível de satisfação do cliente e estudar o efeito da estratégia de *marketing* sobre as vendas antes de se passar para a derradeira etapa, a comercialização do produto fabricado em grande escala (PAGOTTO, 2016).

O DNP assume-se então como uma via capaz de incrementar a competitividade e as hipóteses de sobrevivência de uma empresa através da conceção, desenvolvimento e lançamento no mercado de produtos de valor

acrescentado. No entanto, esta estratégia assume-se também como dispendiosa (sobretudo nas etapas de desenvolvimento e de teste de mercado) e arriscada dada a taxa de sucesso estimada ser habitualmente muito baixa. Geralmente, entre 1/6 a 1/20 do total de produtos introduzidos no mercado, ou cerca de 1/58 do total de ideias selecionadas é que têm sucesso (FULLER, 2011). O risco de insucesso pode ser minimizado através do envolvimento de uma equipa multidisciplinar capaz de gerar e divulgar, nas várias etapas do processo, as informações que permitam tomar decisões informadas acerca da evolução das ideias até à introdução do produto no mercado.

As instalações piloto são instrumentos mais ou menos complexos e de tamanho variável onde é feito o fabrico em pequena escala, sendo particularmente importantes no DNP para estudar o processo de fabrico e a viabilidade comercial do produto.

2.2. A água na indústria das bebidas

A água, no seu estado líquido natural, apresenta importantes características físico-químicas que lhe conferem uma grande versatilidade nos processos químicos onde intervém. Esta pode atuar como reagente, agente em fenómenos de oxidação-redução, produto de reação, solvente, fase dispersante e, como meio dinâmico na mobilização de elementos sólidos (SIMÕES, 1998).

A água apresenta uma composição físico-química particular consoante a sua origem, se superficial ou subterrânea. No decurso da infiltração, através das camadas do solo, poderá incorporar dióxido de carbono e ácidos húmicos, resultantes da decomposição de matéria orgânica, adquirindo propriedades ácidas que lhe facilitam o ataque aos materiais rochosos. Deste ataque resulta a alteração dos minerais e a formação de iões solúveis, nomeadamente carbonato, bicarbonato, sulfato, sódio, potássio, cálcio e magnésio (SIMÕES, 1998).

Na tabela 2.1 encontram-se resumidas as principais diferenças entre as águas superficiais e as águas subterrâneas.

Tabela 2.1 - Diferenças entre águas superficiais e águas subterrâneas (adaptado de EBC, 2001)

<i>Parâmetro</i>	<i>Águas Superficiais</i>	<i>Águas Subterrâneas</i>
Temperatura	Varia com a estação do ano	Praticamente constante ao longo do ano
Turvação	Variável e geralmente elevada	Geralmente baixa
Cor	Variável e dependente da presença de elementos em suspensão (lodos, algas, etc.)	Variável e relacionada com o tipo de sais em solução (e.g. ferro, manganês, etc.)
Oxigénio dissolvido	Próximo da saturação. Ausente em águas poluídas	Geralmente em baixa concentração
Dióxido de carbono agressivo	Geralmente não é detetado	Geralmente presente
Conteúdo mineral	Varia com a estação do ano, precipitação, região, etc. Geralmente baixo	Varia com a litologia, profundidade, tempo de residência, desde valores baixos (águas hipossalinas) a muito elevados (salmouras).
Ferro e manganês	Geralmente não são detetados (as formas oxidadas são insolúveis)	Geralmente presentes, principalmente em águas de ambientes redutores.
Dureza	Depende da litologia e do volume de precipitação	Depende do tipo de rocha, pH e da concentração e CO ₂ .
Sulfureto de hidrogénio	Geralmente não é detetado	Algumas vezes está presente, principalmente em águas profundas de ambientes redutores.
Nitrato	Geralmente em baixa concentração	A concentração pode ser elevada, em zonas agrícolas ou industriais.
Sílica	Geralmente em baixa concentração	A concentração pode ser elevada, especialmente em águas profundas ou em condições especiais de pH, Eh e temperatura.
Microrganismos	Podem ocorrer elevadas contagens de microrganismos (e.g. bactérias, fungos, vírus, plâncton)	Reduzida presença, exceto em águas contaminadas.

2.2.1. Utilização da água pela indústria das bebidas

Na indústria das bebidas, a água apresenta-se como um recurso de extrema importância uma vez que é utilizada no fabrico de bebidas tão diversas como a cerveja e os refrigerantes, sendo o componente que se encontra em maiores quantidades no produto final; é utilizada como solvente dos agentes de limpeza e desinfeção de embalagens e equipamentos; e atua como meio de transferência de calor nas operações de tratamento térmico (e.g. pasteurizações).

O Decreto-Lei n.º306/2007 estabelece o regime de qualidade da água destinada ao consumo humano, no qual se inclui toda a água que é utilizada numa indústria alimentar para o fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinadas ao consumo humano, assim como a água que é utilizada na limpeza de superfícies, objetos e materiais que podem estar em contacto com alimentos. Segundo este diploma, a água utilizada na indústria, desde que não classificada como água de nascente ou mineral natural (regulada por legislação própria), deverá cumprir os valores paramétricos relativos a parâmetros microbiológicos, físicos químicos e radiológicos. As entidades gestoras e de abastecimento garantem estes critérios de qualidade mediante a aplicação de medidas de controlo, de rotina e de inspeção (tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Parâmetros analisados no controlo de qualidade da água destinada ao consumo humano

<i>Controlo de rotina</i>	<i>Controlo de inspeção</i>
<u>Parâmetros microbiológicos</u> Bactérias coliformes <i>E. coli</i> Número de colónias a 22°C Número de colónias a 37°C	<u>Parâmetros microbiológicos</u> Enterococos
<u>Parâmetros químicos</u> Nitratos Nitritos	<u>Parâmetros químicos</u> 1,2-dicloroetano Acrilamida Antimónio Metais pesados (Arsénio, Cádmio, Chumbo, Mercúrio) Benzeno e Benzo(a)pireno Boro Bromatos Cianetos Cloreto de vinilo Cobre Crómio Epicloridrina Fluoretos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) Magnésio Níquel Pesticidas (total e individuais) Selénio Tetracloroetano e tricloroetano Trihalometanos
<u>Parâmetros indicadores</u> Alumínio Amónio Cheiro (25°C) <i>Clostridium perfringens</i> (incluindo esporos) Condutividade Cor Desinfetante residual Ferro Manganês Oxidabilidade pH Sabor (25°C) Turvação	<u>Parâmetros indicadores</u> Cálcio Carbono orgânico total (COT) Cloretos Dureza total Sódio Sulfatos

De acordo com o Decreto-Lei n.º236/98 podem ser utilizadas na produção de águas de abastecimento para consumo humano águas de origem superficial e subterrânea (no seu estado original ou após tratamento), desde que cumpram determinadas normas de qualidade. Estas normas de qualidade, que incluem parâmetros mensuráveis por métodos analíticos, permitem a classificação das águas de origem em três categorias A1, A2 e A3 a que correspondem esquemas de tratamento distintos. Assim sendo, “A1 – tratamento físico e desinfecção; A2 – tratamento físico, químico e desinfecção, e A3 – tratamento físico, químico de afinação e desinfecção”. Conforme estabelecido neste diploma, na produção da «água para consumo humano» (também destinada às indústrias alimentares) podem ser empregues águas doces superficiais classificadas nas três categorias, e águas subterrâneas classificadas apenas na categoria A1.

Na indústria das bebidas são também utilizadas (e.g. no fabrico de refrigerantes) águas minerais naturais e águas de nascente, abrangidas pelo Decreto-lei n.º156/1998 que estabelece as definições e as regras aplicáveis à exploração, acondicionamento e comercialização destas águas naturais, de circulação subterrânea, para poderem ser comercializadas e utilizadas com as denominações de “Água Mineral Natural” e “Água de Nascente”.

Segundo o diploma, estas águas naturais “não podem apresentar qualquer defeito do ponto de vista organolético”, e deverão revelar-se “bacteriologicamente próprias”, i.e. isentas de parasitas, microrganismos patogénicos, coliformes (e.g. *E.coli*) e estreptococos fecais, de anaeróbios esporulados sulfito-redutores e de *Pseudomonas aeruginosa*.

As águas minerais naturais deverão ainda apresentar “características físico-químicas estáveis na origem, dentro da gama de flutuações naturais, de que podem eventualmente resultar efeitos favoráveis à saúde” (tabela 2.3). Estas águas distinguem-se da água potável comum pela sua pureza original e natureza, caracterizada pela composição mineral, oligoelementos ou outros constituintes. Nas águas de nascente, as características físico-químicas tornam-na adequada para consumo humano no seu estado natural. Geralmente as águas minerais apresentam uma composição mineral estável ao longo do tempo. As águas de nascente, geralmente menos mineralizadas e de aquíferos

superficiais, são mais suscetíveis de sofrer variações sazonais na sua composição (APIAM, 2016a).

Tabela 2.3 - Benefícios para a saúde de vários tipos de águas naturais (adaptado de VAITSMAN, 2005)

<i>Tipo de água</i>	<i>Ião dominante</i>	<i>Concentração (mg/L), segundo DL n.º156/1998</i>	<i>Efeitos benéficos</i>
Bicarbonatada	Bicarbonato	> 600	Tratamentos renais e biliares, doenças gastrointestinais, hepatite e diabetes
Sulfatada	Sulfato	> 200	Antitóxico e anti-inflamatórias
Cloretada	Cloreto	> 200	Doenças gastrointestinais, gastrites pancreatites, hepatites e rins
Fluoretada	Fluoreto	> 1	Ossos e cáries
Sódica	Sódio	> 200	-
Cálcica	Cálcio	> 150	Diuréticas, recomendadas para raquitismo, colites e cicatrização óssea, asma, bronquites, eczemas e dermatoses.
Magnesiana	Magnésio	> 50	Insuficiência hepática, enterocolite e fermentação intestinal
Gasocarbónica	Anidrido carbónico	> 250	Diuréticas e digestivas, indicadas para doenças do estômago, rins e vesícula, hipertensão

Ainda segundo este diploma, não são permitidos quaisquer tratamentos suscetíveis de provocar alterações nos constituintes que conferem a estas águas propriedades naturais na origem. Excetuam-se os tratamentos de remoção por separação física de elementos instáveis (e.g. compostos de ferro e de enxofre), de componentes indesejáveis (incluindo arsénio e de compostos de ferro, manganês e enxofre) e de gás carbónico (total ou parcial). Adicionalmente, excetuando-se o caso de utilização destas águas para o fabrico de refrigerantes, não são permitidas adições de outras substâncias além do gás carbónico.

Ainda que a água que chega a uma instalação de produção de bebidas reúna todas as características de potabilidade legalmente exigidas, é imprescindível a realização de controlos periódicos aos valores de alguns dos

parâmetros de qualidade. Esta necessidade prende-se com o facto de a qualidade da água utilizada poder condicionar, caso não seja corrigida, o desenrolar de algumas etapas do processo de fabrico, desencadear a degradação de outros componentes da bebida e no limite, impedir a obtenção do produto final com as características esperadas. Por exemplo, na água destinada ao fabrico de refrigerantes para se evitar a deterioração dos componentes e da carbonatação da bebida deverá ser controlada a concentração de alguns iões, assim como a alcalinidade e o oxigénio dissolvido, o teor de partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão. No fabrico de cervejas a composição iónica da água tem um papel preponderante na atividade enzimática durante a brassagem, no crescimento e atividade fermentativa das leveduras, e pode influenciar a maturação e a estabilização coloidal da cerveja. A dureza desadequada pode levar à formação de depósitos minerais sólidos nas superfícies dos equipamentos e condicionar a eficiência dos agentes de limpeza.

Na tabela 2.4 encontram-se definidas algumas características importantes da água e mencionadas as operações que permitem a correção para a sua utilização adequada no fabrico de cervejas e refrigerantes.

Tabela 2.4 - Parâmetros da água e processos de tratamento

<i>Parâmetro</i>	<i>Definição/Descrição</i>	<i>Operações de tratamento</i>
Acidez	Capacidade da água para contrariar o efeito de aumento de pH resultante da adição de bases, sendo expressa em mg de CaCO_3/L . Resulta da presença de dióxido de carbono ou ácidos (orgânicos ou minerais) dissolvidos.	Descarbonatação; osmose inversa.
Alcalinidade	Capacidade da água para contrariar o efeito de redução de pH resultante da adição de ácidos, sendo expressa em mg de CaCO_3/L . Contribuem para este “efeito tampão” os aniões bicarbonato, carbonato, e hidróxido, que se encontram normalmente combinados com os catiões cálcio, magnésio, sódio potássio ou amónia. A alcalinidade total corresponde ao valor da concentração total destes aniões.	Coagulação; troca iónica.
Carência Química de Oxigénio	Traduz a quantidade de matéria orgânica presente na água, na forma dissolvida e particulada (i.e. como sólidos dissolvidos ou coloides). O método baseia-se na medição da quantidade de oxigénio consumido na oxidação por agentes oxidantes (cromatos ou permanganatos) da totalidade de compostos orgânicos e de sais minerais oxidáveis.	Floculação/coagulação e decantação; precipitação de ácidos húmicos com sais de ferro a pH baixo.
Cloreto	Mede a concentração em aniões cloreto, expressa em mg/L.	Osmose inversa; troca iónica ou eletrodialise.

Tabela 2.4 - Parâmetros da água e processos de tratamento (continuação)

Parâmetro	Definição/Descrição	Operações de tratamento
Dureza	Traduz a presença de sais de cálcio e magnésio dissolvidos, podendo referir-se a dureza temporária (i.e., bicarbonatos), permanente (i.e., cloretos, sulfatos e nitratos) e total (i.e., soma da dureza temporária e permanente). Com base na quantidade total de sais de cálcio e magnésio (expresso em mg/L ou ppm de CaCO_3) as águas classificam-se em brandas (<50ppm); moderadamente macias (50-100ppm), duras (100-200ppm) e muito duras (200-300ppm).	Precipitação com hidróxido de cálcio (dureza temporária); precipitação com hidróxido de cálcio e carbonato de sódio; decantação.
Ferro e manganês	Mede as concentrações de cátions ferro e manganês, expressas em mg/L.	Arejamento e filtração.
Fluoreto	Mede a concentração de aniões fluoreto, expressa em mg/L.	Precipitação com fosfato tricálcico; osmose inversa.
Metais Pesados	Mede a concentração dos metais tais como chumbo, crómio, cádmio, arsénio e mercúrio, expresso em mg/L.	Precipitação com hidróxido de cálcio; troca iónica; osmose inversa.
Mineralização total	Soma das concentrações de todos os aniões e cátions, expressa em mg/L.	-
Nitrito e nitrato	Mede a concentração de nitratos e nitritos, expressa em mg/L.	Troca iónica; osmose inversa.
Organismos vivos	Presença de plâncton e bactérias.	Cloração, radiação UV ou ozonização; nanofiltração, coagulação/floculação; decantação.
Fluoreto	Mede a concentração de aniões fluoreto, expressa em mg/L.	Precipitação com fosfato tricálcico; osmose inversa.
Metais Pesados	Mede a concentração dos metais tais como chumbo, crómio, cádmio, arsénio e mercúrio, expresso em mg/L.	Precipitação com hidróxido de cálcio; troca iónica; osmose inversa.
Mineralização total	Soma das concentrações de todos os aniões e cátions, expressa em mg/L.	-
Nitrito e nitrato	Mede a concentração de nitratos e nitritos, expressa em mg/L.	Troca iónica; osmose inversa.
Oxigénio dissolvido	Oxigénio presente na água na forma dissolvida, expresso em % de saturação de oxigénio.	Desarejamento.
pH	Medida do potencial de hidrogénio de uma solução, estando relacionado com a atividade dos iões H^+ nessa solução. Com base no valor de pH é possível classificar as soluções como ácidas ($\text{pH}<7$), neutras ($\text{pH}=7$) ou básicas ($\text{pH}>7$).	Correção com bases ou ácidos

Tabela 2.4 - **Parâmetros da água e processos de tratamento** (continuação)

<i>Parâmetro</i>	<i>Definição/Descrição</i>	<i>Operações de tratamento</i>
Potencial de oxidação-redução	Capacidade da água para ceder ou aceitar eletrões, consistindo respetivamente num meio redutor ou oxidante, sendo expresso em milivolt (mV). É um parâmetro importante no tratamento de águas.	-
Sólidos dissolvidos	Quantidade de partículas suspensas (e.g. coloides, sais inorgânicos e microrganismos) que atravessam o suporte de filtração utilizado na determinação dos sólidos suspensos.	Floculação/coagulação, decantação, filtração e secagem por evaporação.
Sólidos suspensos	Quantidade de partículas suspensas na água que são removíveis por um filtro com porosidade igual a 1µm, expresso em mg/L.	Decantação e filtração.
Sulfato	Mede a concentração de aniões sulfato, expressa em mg/L.	Osmose inversa; troca iónica ou eletrodiálise.

2.2.2. Águas engarrafadas

As águas engarrafadas correspondem a géneros alimentícios produzidos a partir de águas pertencentes a três categorias distintas: as Águas Minerais Naturais, as Águas de Nascente e as Águas Preparadas (APIAM, 2016a).

As águas minerais naturais e as águas de nascente são alimentos naturais com uma origem bem identificada, que chegam ao consumidor tal como se encontram na natureza, i.e. com a mesma composição mineral e pureza natural original, características do aquífero de onde foram extraídas. As águas preparadas distinguem-se das primeiras pois podem ter origens diferenciadas e serem sujeitas a tratamentos físico-químicos destinados a assegurar a potabilidade e/ou a adicionar certas características (APIAM, 2016a).

A garantia de preservação da qualidade das águas minerais naturais e das águas de nascente na origem, só é possível com a aplicação de um controlo apertado em todas as etapas do processo, desde a extração/captação, passando pelo engarrafamento, comercialização e distribuição, até chegar ao consumidor final. O controlo é assegurado pela ação conjunta de três entidades estatais, a Autoridade para a Segurança Alimentar e Económica, a Direcção-Geral de Saúde e a Direcção-Geral de Energia e Geologia (APIAM, 2016a).

Na captação da água e armazenamento externo ao aquífero, são utilizados equipamentos (e.g. silos, tubagens, bombas, depósitos de armazenamento) feitos de materiais com certificação alimentar, de forma a impedir qualquer alteração química, físico-química e bacteriológica da água. A legislação obriga também que o transporte das águas se faça após o embalamento, excluindo a possibilidade de utilização de outros meios (e.g. camiões cisterna). Desta forma, o engarrafamento terá obrigatoriamente de ser feito nas proximidades do local de extração. As embalagens utilizadas para o acondicionamento deverão ser constituídas por um material e um sistema de fecho que impeça a alteração das características da água.

Em Portugal e na maioria dos países da UE, quase toda a água engarrafada presente no mercado corresponde a água mineral natural ou a água de nascente (APIAM, 2016a). Assim, no mercado das águas naturais encontramos diferentes classes de água: a água mineral natural e a água de nascente (sem gás), a água mineral natural gasosa ou gasocarbónica (com gás natural), a água mineral natural reforçada com gás carbónico natural (quando o gás é proveniente do mesmo aquífero, mas em quantidade superior à que tem no momento da captação), bem como a água mineral natural e a água de nascente gaseificada (com adição de gás carbónico cuja origem não é o aquífero) (APIAM, 2016b). Caso as águas naturais tenham sido submetidas à operação de gaseificação, esta terá de ser indicada no rótulo. As menções “naturalmente gasosa”, “gasocarbónica” ou “reforçada com gás natural” constituem a indicação de que o teor de gás carbónico da água mineral natural vem do aquífero. Pelo contrário, a menção “gaseificada”, no rótulo, significa que à água se adicionou gás carbónico depois da captação (APIAM, 2016c). No rótulo de uma água natural engarrafada, além da denominação comercial, deverá constar a indicação do tipo de água (água mineral natural ou água de nascente), do local de extração, a identificação da nascente ou furo, o lote, e a composição química, nomeadamente o pH, a mineralização total, as quantidades dos elementos presentes em maiores quantidades (expressas em mg/L), e a quantidade de dióxido de carbono (expressa em g/L, no caso das águas gasocarbónicas) (APIAM, 2016c).

2.3. Desenvolvimento e produção de refrigerantes

2.3.1. Definição de bebida refrigerante

Um refrigerante ou uma bebida refrigerante consiste num género alimentício líquido constituído por água com ingredientes (em solução, emulsão ou suspensão), tais como derivados de frutos (e.g. sumo, polme, néctar ou xarope), extratos vegetais e outros, conforme o previsto pela Portaria n.º 703/96 (alterada pela Portaria n.º 1296/2008). Os refrigerantes podem ser aromatizados e/ou gaseificados com dióxido de carbono.

2.3.2. Composição de um refrigerante

Os refrigerantes são um tipo de bebida não alcoólica que engloba uma grande variedade de bebidas com composições diversas. No entanto, é possível identificar uma composição base comum. Para além da água, geralmente estão presentes componentes responsáveis pelo sabor e/ou aroma (i.e., adoçantes, acidulantes, aromatizantes), pelo aspeto visual (i.e., corantes) e, eventualmente, pela sensação de efervescência na boca (i.e., dióxido de carbono).

2.3.2.1. Adoçantes

Os adoçantes contribuem para a doçura e o corpo da bebida, sendo os componentes presentes em maiores quantidades (8 a 12% m/v) (ASHURST, 2005). Nesta categoria incluem-se os açúcares (e.g. sacarose e frutose) na forma cristalina ou em xarope, os edulcorantes (e.g. acesulfame K, aspartame, ciclamatos e sacarinas).

A utilização de edulcorantes isolados ou em *blend* possibilita a incorporação de menores quantidades de açúcares, obtendo-se produtos com menor carga calórica e menores custos de produção, sem que o seu sabor seja significativamente afetado (ASHURST, 2005). A utilização destes aditivos alimentares, e os critérios que estes devem obedecer, encontram-se regulamentados pelo Decreto-Lei n.º394/98, de 10 de Dezembro (transposição da Diretiva n.º 96/83/CE) e pelo Decreto-Lei n.º98/2000 de 25 de Maio.

Recentemente têm sido utilizados como substitutos parciais dos açúcares alguns carboidratos com propriedades benéficas para a saúde do consumidor. É o caso de fruto-olígossacarídeos/oligofrutose e polidextrose cuja incorporação permite incrementar o teor em fibra da bebida atuando como pré-bióticos. A trealose e a tagatose são açúcares adequados à formulação de bebidas para diabéticos dado a sua baixa carga glicêmica (ASHURST, 2005).

2.3.2.2. Acidulantes

Os acidulantes (ou acidificantes) são substâncias que aumentam a acidez e/ou conferem sabor acre aos gêneros alimentícios (Decreto-Lei n.º363/98). Os acidulantes mais utilizados na formulação de bebidas são o ácido cítrico, tartárico, fosfórico, láctico, málico, fumárico, acético e ascórbico (ASHURST, 2005).

Estes componentes desempenham diversas funções na bebida. Devido à redução do pH resultante da sua adição, atuam como conservantes moderados e, dependendo dos restantes componentes, como intensificadores de sabor. Ao funcionarem como sinergistas de antioxidantes (e.g. ácido ascórbico) permitem, de uma forma indireta, prevenir a descoloração e a rancificação. Em termos fisiológicos, atuam como saciantes da cede uma vez que estimulam a produção de saliva na boca (ASHURST, 2005).

O equilíbrio entre a doçura e a acidez é característico de todos os refrigerantes aromatizados, sendo fundamental para que a bebida não se apresente insípida e desinteressante ao consumidor (SHACHMAN, 2005). Como tal estes componentes devem encontrar-se em quantidades adequadas, geralmente 0.05-0.03% m/v (ASHURST, 2005).

2.3.2.3. Aromas

A composição básica responsável pelo sabor fica completa com a utilização de aromas que incluem as substâncias aromatizantes (naturais, idênticas às naturais ou artificiais), os preparados aromatizantes, e outros definidos e obtidos de acordo com a Portaria n.º 620/90, de 3 de Agosto

(transposição da Diretiva n.º 88/388/CEE) e alterada pela Portaria n.º 264/94, de 30 de Abril.

Além do sabor, os aromatizantes contribuem para o odor, sendo portanto componentes fundamentais para a percepção sensorial global da bebida (SHACHMAN, 2005).

2.3.2.4. Corantes

Os corantes são os componentes mais importantes no que se refere à percepção visual da bebida, desempenhando um papel importante na aceitação do produto pelo consumidor.

A escolha das cores e a quantidade de corante adicionado podem estimular ou complementar a percepção de um determinado sabor. Por exemplo, os vermelhos podem favorecer o sabor frutado a groselha, framboesa ou morango; o laranja e o amarelo tendem para os sabores mais cítricos; os verdes e azuis estimulam os sabores frescos a hortelã-pimenta, hortelã e outras plantas; os castanhos estão mais alinhados com sabores mais pesados como colas e *shandys*. A adição de corantes pode também justificar-se nas situações em que é necessário restaurar a cor perdida durante os tratamentos térmicos de refrigerantes contendo sumos, ou assegurar uma uniformização do produto quando são utilizadas matérias-primas passíveis de introduzir variabilidade ao nível do tom e da intensidade da cor.

Os corantes utilizados na produção de bebidas e géneros alimentícios podem ter origem natural (geralmente são extratos vegetais) ou sintética. O Decreto-Lei n.º 193/2000 (transposição das Diretivas n.os 99/75/CE, 94/36/CE e 95/45/CE) estabelece os corantes que são permitidos na produção de géneros alimentícios e bebidas assim como as suas condições de utilização e critérios de pureza.

2.3.2.5. Dióxido de carbono

O dióxido de carbono é um gás atmosférico com propriedades físicas e químicas que tornam ideal a sua utilização na produção de bebidas

gaseificadas. Trata-se de um gás não tóxico, não inflamável, incolor, inodoro que não transmite qualquer aroma às bebidas. Dissolve-se facilmente na água ou nas bebidas, e a sua solubilidade pode ser controlada regulando a temperatura e a pressão. Quando dissolvido em água dá origem a um ácido fraco (ácido carbónico) que confere à bebida um sabor levemente ácido, e uma proteção contra o crescimento de muitos microrganismos deteriorantes. Ao libertar-se, o dióxido de carbono forma pequenas gotas que sobem rapidamente à superfície do líquido onde rebentam libertando o gás. Na boca, a libertação do gás provoca uma sensação de formigamento agradável. A qualidade e pureza do dióxido de carbono são determinantes para se evitar a transferência de odores e sabores ou alterações de aspeto visual indesejáveis à bebida. É recomendado que se recorra a fornecedores que cumpram rigorosamente as especificações de qualidade e pureza estabelecidas, e que sejam instalados filtros de carvão ativado nas tubagens de circulação do gás que ligam os reservatórios ao equipamento de fabrico. Periodicamente podem realizar-se ensaios de rotina ao sabor, ao odor e aspeto visual a uma solução aquosa adoçada e acidulada à qual foi injetado o gás que se pretende analisar, e comparar os resultados com os obtidos com uma solução de controlo. Não deverão ser detetados quaisquer sabores e odores estranhos, e a solução deverá apresentar-se límpida, sem qualquer turvação. A quantidade de dióxido de carbono presente varia consoante o tipo de refrigerante. Normalmente as colas, as limonadas, os *ginger ales*, as águas tónicas e os refrigerantes de soda apresentam quantidades superiores às encontradas em refrigerantes de sumo ou polme de frutos e em águas com gás (SHACHMAN, 2005).

2.3.2.6. Água

A água é o componente na qual se encontram dissolvidos os ingredientes mencionados anteriormente, sendo essencial para a hidratação do organismo. No produto final constitui até 98% v/v da bebida. Por esta razão a qualidade da água utilizada como ingrediente deve cumprir escrupulosamente requisitos de qualidade por forma a garantir a estabilidade do sabor, aspeto visual e carbonatação da bebida durante um tempo significativo após a produção (ASHURST, 2005).

Geralmente a água utilizada na formulação de refrigerantes deve estar desprovida de elevados níveis de elementos e sais minerais, sabores e odores estranhos e matéria orgânica. Idealmente deverá ser macia ou moderadamente dura. Deverá também apresentar-se limpa, incolor, sem oxigénio dissolvido, e livre de microrganismos (ASHURST, 2005). A tabela 2.5 reúne alguns dos parâmetros mais relevantes e respetivos limites que deverão ser considerados na produção de diversas bebidas refrescantes, nomeadamente os refrigerantes.

Tabela 2.5 - **Parâmetros mais relevantes de qualidade da água utilizada no fabrico de refrigerantes** (adaptado de EBC, 2001;ASHURST, 2005)

<i>Parâmetro</i>	<i>Relevância</i>	<i>Limite</i>
Odor e sabor	Condicionam diretamente as mesmas propriedades sensoriais do produto final	Não devem ser detetados quaisquer odores e sabores estranhos.
Sólidos Suspensos	Sólidos suspensos (e.g. sais, partículas de matéria orgânica), se não forem removidos por filtração atuam como agentes de nucleação (i.e. tonam instável a permanência do dióxido de carbono em solução), levando à perda de carbonatação, à espumação e à obtenção de volumes de enchimento variáveis.	-
Carência química de oxigénio (CQO)	Compostos orgânicos como ácidos húmicos, polissacáridos e polipéptidos de algas, protozoários e microrganismos tendem a formar precipitados ao pH ácido das bebidas refrigerantes.	< 2.5mg O ₂ /L
Alcalinidade	Reage com o ácido cítrico utilizado como acidulante, sendo necessário na formulação considerar a utilização de quantidades adicionais de ácido de modo a atingir-se a acidez pretendida da bebida. Por exemplo, 1mg/L de HCO ₃ ⁻ consome 1.08mg/L de ácido cítrico anidro.	< 100 mg HCO ₃ ⁻ /L
Oxigénio dissolvido	Reagem com os compostos responsáveis pelo aroma	< 1.0 mg/L
Ferro, manganês e cobre	Reagem com os antioxidantes adicionados aos aromas de frutos para preservação. Na presença de grandes quantidades de oxigénio dissolvido, desenvolvem-se sabores indesejáveis do tipo “medicinal” causado por oxidação.	Ferro: < 0.05 mg/L, Manganês: < 0.02mg/L Cobre: < 0.01 mg/L
Cloreto	Reagem com compostos aromáticos presentes em sumos e óleos de fruta formando clorofenóis capazes conferir odores desagradáveis.	< 0.05 mg/L
Nitratos	São um risco para a saúde das crianças, potenciando o aparecimento de meta-hemoglobinemia	< 50 mg/L

2.3.2.7. Componentes auxiliares

Outros componentes são também adicionados com o objetivo de conferir estabilidade e especificidade à bebida, nomeadamente conservantes, estabilizadores, antioxidantes, vitaminas, minerais, derivados de frutas, mel, etc.

Os conservantes (e.g. ácidos sórbico e benzoico) são aditivos alimentares que se destinam a restringir o crescimento de microrganismos (e.g. leveduras, bolores e bactérias) que levam à deterioração da bebida, permitindo assim aumentar a durabilidade do produto acabado. Os conservantes permitidos e os seus limites de utilização estão regulamentados por legislação comunitária (Diretiva CE/95/2).

Os estabilizadores são aditivos alimentares que possibilitam a manutenção de uma dispersão homogênea de duas ou mais substâncias imiscíveis (e.g. aromas, corantes, antioxidantes, partículas sólidas de partes edíveis de frutas), ou que retêm ou intensificam a cor natural dos géneros alimentícios. Nesta categoria incluem-se os alginatos, carraginanos, gomas, pectina, e carboximetilcelulose (ASHURST, 2005).

Os agentes espumantes como as saponinas (e.g. extrato de quilaia) favorecem a formação de cabeças de espuma em bebidas carbonatadas como sodas e colas (ASHURST, 2005).

Os antioxidantes (e.g. ácido ascórbico) são aditivos alimentares que previnem a ocorrência de deterioração na cor e no aroma devido a reações de oxidação desencadeadas pelo oxigénio dissolvido, proveniente sobretudo da incorporação durante o fabrico dos refrigerantes não carbonatados (ASHURST, 2005).

Os intensificadores de sabor são aditivos alimentares utilizados para intensificar ou melhorar o sabor ou o cheiro dos alimentos. Nesta categoria destaca-se o maltol, cujo sabor doce e odor a caramelo permite reduzir a quantidade de açúcar nas bebidas (LIDON & SILVESTRE, 2010).

Outros ingredientes permitidos pela Portaria n.º 1296/2008 são também bastante utilizados, como é o caso de derivados de frutos e/ou produtos hortícolas (e.g., sumos, polmes, néctares, xaropes), extratos de plantas e mel.

2.3.3. Tipos de refrigerantes

Apesar da composição base ser o que distingue um refrigerante das restantes bebidas, cabem nesta designação bebidas de composições diversas. Através da Portaria n.º 703/96 encontram-se estabelecidas as seguintes denominações de refrigerantes:

Refrigerante de sumo de frutos — o refrigerante, turvo ou límpido, resultante da diluição em água de sumo ou polme de frutos, respetivos concentrados ou desidratados, podendo conter aromatizantes naturais ou idênticos aos naturais. Os teores de derivados de fruta adicionados (sumo ou polme) encontram-se definidos nesta Portaria para diversos frutos. A esta denominação pertencem os refrigerantes *Frisumo* e *Frutis* produzidos pela UNICER.

Refrigerante de polme — o refrigerante turvo resultante da diluição em água de polme ou seus derivados, num teor mínimo de 2% (m/m) de partes comestíveis dos frutos, podendo conter aromatizantes naturais ou idênticos aos naturais.

Refrigerante de extratos vegetais — o refrigerante resultante da diluição em água de extratos e aromatizantes, podendo eventualmente incluir sumo, polme ou respetivos derivados e ainda outros ingredientes comestíveis de origem vegetal. As gamas *Snappy*, *Frutea Iced Tea*, e o *Guaraná Brasil* pertencem a esta denominação.

Refrigerante aromatizado — o refrigerante resultante da diluição em água de aromatizantes. No caso de não conter açúcares nem edulcorantes, designar-se-á por «água aromatizada». A gama de águas *Pedras Sabores* e *Vitalis* são exemplos deste tipo de denominação de refrigerante.

Água tônica — o refrigerante límpido, incolor e gaseificado contendo um teor de quinino de 45 mg/L a 85 mg/L, expresso em hidrocloreto de quinino. Nesta denominação inclui-se o *Snappy Água Tônica*.

Refrigerante de soda — o refrigerante límpido, incolor e gaseificado contendo bicarbonato de sódio num teor mínimo de 0,3 g/L e dióxido de carbono num teor mínimo de 6 g/L.

Refrigerante adicionado de bebida alcoólica — o refrigerante resultante da adição de uma bebida alcoólica a refrigerantes de extratos vegetais ou aromatizados, com um teor máximo de etanol de 1% (v/v).

2.3.4. Processo de fabrico de refrigerantes

A produção industrial de refrigerantes baseia-se na sequência de operações comuns às variantes carbonatada e lisa, nomeadamente a preparação de um xarope concentrado contendo os ingredientes da formulação, a diluição proporcionada do xarope com água tratada, o enchimento e a pasteurização da bebida final. No caso dos refrigerantes carbonatados, além destas, é necessário realizar-se a carbonatação da bebida e no enchimento deverá ser utilizado um sistema de contrapressão.

A utilização de água desarejada na produção de xaropes e na sua diluição é essencial para se evitarem diversos problemas relacionados com a presença de oxigénio dissolvido, nomeadamente a deterioração da bebida devida a reações de oxidação e crescimento de microrganismos. Adicionalmente, no caso dos refrigerantes carbonatados, a utilização de água desarejada permite minimizar a ocorrência de erros na leitura do dióxido de carbono dissolvido, e fenómenos de espumação (devidos à nucleação) que dificultam a operação de enchimento. Idealmente, a concentração de ar na água deverá ser inferior a 0.5ppm, devendo o desarejamento ser feito por atomização a vácuo e/ou por refluxo. No primeiro método, a água é atomizada no interior de um tanque onde é aplicado vácuo de modo a permitir a remoção do ar. No desarejamento de refluxo, a água a desarejar encontra-se num tanque selado e pressurizado com dióxido de carbono. O ar dissolvido liga-se ao dióxido de carbono injetado (nucleação) sendo exaustado através de uma abertura própria do tanque (ASHURST, 2005). De seguida é apresentada uma descrição das etapas de produção industrial de refrigerantes (figura 2.3).

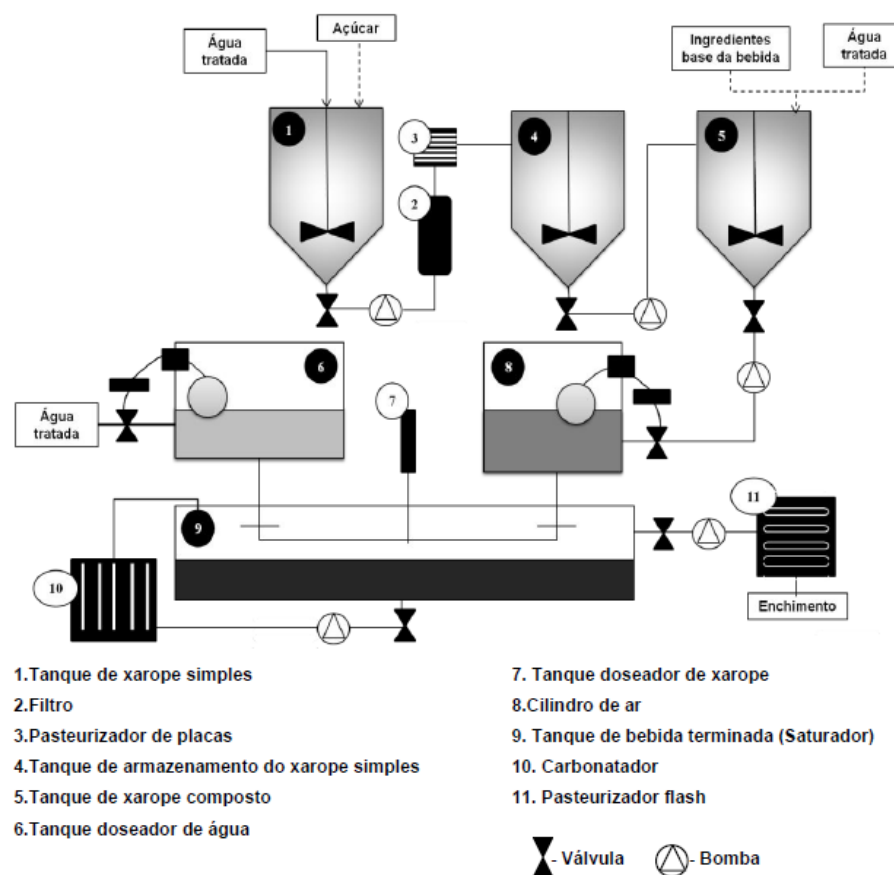


Figura 2.3 – Esquema geral de fabrico industrial de refrigerantes. A carbonatação só é realizada no fabrico de refrigerantes carbonatados (adaptado de RIBEIRO, 2011)

2.3.4.1. Preparação do xarope

A preparação do xarope é uma etapa comum e fulcral na produção de refrigerantes carbonatados e não carbonatados. Consiste na medição precisa, na adição e mistura dos componentes chave da bebida, de modo a obter-se um xarope com as características de qualidade necessárias (e.g. Brix) para que, na etapa seguinte, possa ser diluído com água tratada numa determinada proporção.

Esta etapa inicia-se com a preparação de um xarope simples que resulta unicamente da dissolução da quantidade prescrita de adoçante num determinado volume de água tratada, seguida de filtração para remoção de impurezas. O xarope simples é transferido para um segundo tanque onde são

adicionados sequencialmente os restantes componentes nas quantidades prescritas e que compõem a base da bebida (SHACHMAN, 2005). Geralmente começa-se por adicionar os conservantes, seguindo-se os acidulantes, os corantes, os aromatizantes e os restantes componentes (ASHURST, 2005). Os componentes base da bebida são misturados no xarope simples por ação de um agitador mecânico até ficarem completamente dissolvidos. Interrompendo a agitação é adicionada uma quantidade de água tratada de modo a atingir-se o volume prescrito para o xarope. O xarope final obtido, também designado xarope condimentado, é deixado a repousar durante algum tempo para desarejar de modo a evitarem-se deteriorações na cor e aroma (SHACHMAN, 2005).

Para que se evitem perdas económicas avultadas resultantes da obtenção de um xarope condimentado com parâmetros de qualidade fora do especificado, é fundamental proceder à medição precisa dos pesos dos componentes e correto ajuste do volume final do xarope.

Algumas indústrias não executam esta etapa na produção de refrigerantes não carbonatados. Em alternativa, dissolvem diretamente os ingredientes nas concentrações encontradas no produto final. No entanto, a inclusão da etapa de preparação de xarope confere maiores vantagens ao processo de fabrico. Entre essas vantagens constam os menores custos associados à utilização de tanques e das respetivas áreas de laboração, que podem possuir menores dimensões; e a maior versatilidade introduzida no planeamento de fabrico e enchimento, uma vez que o lote produzido pode ser utilizado no próprio dia ou até 24 horas após a preparação sem que ocorra deterioração. O elevado valor de Brix (50-60°) dos xaropes torna-os resistentes à deterioração microbiana durante o período de armazenamento que antecede a diluição e enchimento. Outras vantagens são a maior facilidade de deteção e correção de defeitos (sabor, doçura, acidez, cor, turvação, etc.) uma vez que estes encontram-se ampliados devido às elevadas concentrações dos ingredientes no xarope. Erros nas pesagens dos ingredientes podem ser rapidamente corrigidos preparando-se outro tanque de xarope “compensatório” (SHACHMAN, 2005).

2.3.4.2. Pasteurização do xarope

Após a produção do xarope condimentado é aconselhável proceder à eliminação de microrganismos por forma a garantir uma maior durabilidade durante o armazenamento. Para tal pode ser utilizado um pasteurizador tipo *flash*, no qual o produto a pasteurizar circula com um determinado caudal no interior de superfícies fechadas (placas ou tubos) e aquecidas a uma temperatura adequada.

2.3.4.3. Diluição proporcionada

Na etapa seguinte ocorre a diluição do xarope numa proporção pré-estabelecida de 1 parte (volume) de xarope para 3 a 6 partes (volumes) de água, obtendo-se assim a bebida final não carbonatada (ASHURST, 2005) com as características pretendidas (e.g., valor de Brix, teores dos vários componentes, etc.). Por exemplo, diluindo uma parte de xarope de 54.70°B com cinco partes de água obtém-se uma bebida com um Brix próximo de 11°B (SHACHMAN, 2005).

A diluição é realizada num equipamento designado proporcionador de xarope (*syrup proportioner*), que procede ao doseamento do xarope e da água utilizando bombas doseadoras de pistões ajustáveis manualmente, ou no caso das versões mais complexas, utilizando doseadores de fluxo computadorizados. Este equipamento tem em conta a densidade do xarope para que seja possível obter a bebida com o valor de Brix pretendido. O produto final pode ser conduzido para reservatórios ou para o carbonatador. Adaptações recentes destes equipamentos permitem proceder à diluição dos vários componentes da bebida em separado ao invés da sua mistura prévia (*premix*) (ASHURST, 2005).

2.3.4.4. Carbonatação

Nesta etapa, ao xarope diluído, homogeneizado e refrigerado é feita a adição física de dióxido de carbono, obtendo-se a bebida final carbonatada pronta a ser enviada para o sistema de enchimento.

Assumindo que o xarope foi diluído em água desarejada nas proporções adequadas, a eficiência da operação de carbonatação é influenciada pela área de contacto entre a fase líquida e o gás. Quanto maior a área de exposição do líquido ao dióxido de carbono, maior é a velocidade de absorção do gás pelo líquido. Geralmente nos carbonatadores o dióxido de carbono é aspergido para o líquido contido num tanque pressurizado com este gás. Quanto maior for a pressão interna, maior é a área total de superfície das bolha de gás formadas, devido às suas menores dimensões. Outra forma de maximizar a área de contacto em alguns carbonatadores consiste em fazer o escorrimento do líquido através de pratos refrigerados dispostos verticalmente num tanque pressurizado com dióxido de carbono. As finas camadas de líquido à superfície dos pratos apresentam uma área suficientemente elevada para absorverem eficazmente o gás (ASHURST, 2005).

O controlo da temperatura do líquido a carbonatar é essencial, pois condiciona a pressão de gás utilizada para se obter o nível de carbonatação desejado. Por exemplo, para bebidas que requeiram um elevado nível de carbonatação a solução é arrefecida até uma temperatura inferior a 10°C e é utilizada uma pressão de dióxido de carbono igual ou superior a 30 psi (\approx 2 bar). Se necessário, os operadores podem consultar uma tabela de volumes de dióxido de carbono de modo a conhecerem o binómio temperatura/pressão adequado ao volume de dióxido de carbono pretendido na bebida. No entanto, estes valores podem ser diferentes como resultado de escolhas que têm em conta as capacidades e limitações do equipamento (SHACHMAN, 2005). Por outro lado, como a solubilidade do gás diminui com o aumento da temperatura do líquido, a refrigeração da bebida carbonatada é essencial para se minimizarem problemas de espumação durante a etapa de enchimento.

2.3.4.5. Enchimento

Geralmente, o enchimento de refrigerantes é realizado em enchedoras nas quais a bebida é transferida, por ação da gravidade, de uma vasilha de enchimento do equipamento para o interior das embalagens atravessando válvulas de enchimento. Antes do enchimento, a embalagem é selada por contacto firme com a boca da vasilha de modo a que não ocorram fugas de

líquido e/ou de pressão de gás. A vasilha é parcialmente preenchida com um volume preciso de bebida assegurando-se a existência de um *headspace* sempre com a mesma pressão. Quando a válvula é aberta e se inicia o enchimento, o gás contido no interior da embalagem é transferido através de um tubo para o *headspace* da vasilha. A velocidade de fluxo de bebida transferida da vasilha para a embalagem é proporcional à velocidade de fluxo de gás transferido no sentido contrário. O enchimento termina quando o tubo fica coberto pelo líquido e as pressões no interior da vasilha e da embalagem se igualam. Nessa altura, a embalagem cheia é separada da vasilha e a bebida que ainda permanece no tubo é escoado para a embalagem (ASHURST, 2005).

No caso dos refrigerantes carbonatados, uma vez feita a selagem do sistema vasilha-embalagem, é feita a evacuação da maior parte do ar contido no interior da embalagem, e parte do dióxido de carbono do *headspace* da vasilha é transferido para a embalagem estabelecendo-se um equilíbrio de pressão no sistema. Este equilíbrio de pressão permite que a bebida flua da vasilha pela válvula de enchimento até à embalagem. No entanto, parte do dióxido de carbono dissolvido na bebida é libertado fazendo aumentar a pressão interna da embalagem. Para que não ocorra a cessação do fluxo de bebida, qualquer excesso de pressão deverá ser libertado através de uma válvula de escape (*snifting*) (SHACHMAN, 2005).

A maioria dos refrigerantes é embalada em embalagens pré-fabricadas cujo material pertence a um dos três tipos principais: vidro, lata, e plástico. A utilização destes materiais apresenta associadas vantagens e desvantagens que acabam por influenciar o tempo de vida ou de prateleira (*shelf life*) do produto.

Devido às suas características físico-químicas, o vidro tem sido o material mais utilizado no engarrafamento de bebidas. Assumindo que a cápsula aplicada à boca das garrafas garante uma boa estanquicidade, este material permite que não ocorram perdas de conteúdo por transmissão de vapor de água, além de possuir uma excelente retenção de dióxido de carbono e uma reduzida taxa de transferência de oxigénio. O vidro é um material inerte, pelo que oferece um risco baixo de contaminação da bebida. Adicionalmente, a possibilidade de ser colorido ou revestido permite a diferenciação do produto e a redução do efeito da luz nos componentes da bebida. Do ponto de vista

económico e ambiental, as embalagens de vidro oferecem a vantagem de poderem ser reutilizadas e recicladas. Os problemas encontrados da utilização deste material são o peso e o risco de causar lesões nos consumidores dado a sua baixa resistência à fratura. O tempo de vida das bebidas engarrafadas em vidro é afetado pelo armazenamento a temperaturas elevadas, pela exposição à luz (ASHURST, 2011).

A utilização de latas metálicas tem, nos últimos anos, tido maior expressão na produção de bebidas em doses individuais devido à sua maior conveniência, robustez e imagem. Na sua maioria as latas são constituídas por duas partes de alumínio que, desde que devidamente encaixadas e isentas de corrosão, conferem alta proteção contra fugas de líquido e de dióxido de carbono, e ingresso de oxigénio. Face às embalagens de vidro, as latas são mais leves, menos frágeis, e o conteúdo está completamente protegido dos efeitos de exposição à luz (ASHURST, 2011). Atualmente, o embalamento em latas está praticamente limitado às bebidas carbonatadas devido à estabilidade física conferida pela pressão interna de dióxido de carbono, o que tem permitido reduzir a espessura das paredes da lata. No caso dos refrigerantes não carbonatados a pressurização que permite que não ocorra distorção da lata é conseguida com a injeção de azoto líquido. As principais desvantagens da utilização de latas são a sua inadequação para a contenção de volumes elevados de bebida, e o risco de contaminação através do material devido a possíveis reações com os componentes da bebida. Por vezes é necessário ajustar a formulação de modo a evitar o aparecimento de sabores metálicos derivados da dissolução de metais da lata (ASHURST, 2011).

Diversos plásticos podem ser utilizados para o embalamento de bebidas, sendo o PET o mais predominante. A sua relativa robustez e baixo peso tornam-no indicado para a contenção de volumes mais elevados de bebida, além de possuir uma clareza comparável à do vidro. A maior porosidade relativamente a outros materiais de embalagem torna-o mais permeável aos gases, permitindo quer a perda de dióxido de carbono, quer a entrada de oxigénio do exterior. Por esta razão, as indústrias de refrigerantes carbonatados estipulam um tempo de vida mais curto para os seus produtos ou, em alternativa, estes são produzidos com um nível de carbonatação superior que permita compensar a perda do gás

por difusão durante o armazenamento (SHACHMAN, 2005). No caso das bebidas não carbonatadas, a transferência de oxigênio do exterior, obriga à utilização de antioxidantes na formulação do produto para incrementar o seu tempo de vida (ASHURST, 2011).

Alguns fabricantes de bebidas refrigerantes não carbonatadas recorrem a linhas de embalagem assética como meio de prevenção de alguns problemas agravados pela ausência de dióxido de carbono dissolvido, nomeadamente a deterioração microbiológica por leveduras e bactérias, e a ocorrência de reações de oxidação conducentes à deterioração do sabor e da aparência do produto. Apesar dos custos associados, o enchimento assético surge como alternativa à utilização de pasteurização *flash*, à aplicação de medidas escrupulosas de higiene, e ao controlo rigoroso das formulações (e.g. níveis de conservantes, antioxidantes, corantes e aromatizantes) (ASHURST, 2005). As embalagens utilizadas para este tipo de enchimento (e.g. *TetraPak*, *Combibloc*) utilizam um material laminado composto por diversas camadas contendo polietileno, cartão, e alumínio. Este material, além de ser leve, confere um alto nível de proteção à bebida, e possibilita uma superfície mais adequada a uma ornamentação apelativa. As desvantagens associadas a este material são o fato de terem uma capacidade limitada (até 1L) e de na formulação ser necessário excluir componentes que reajam com a camada de alumínio, por exemplo o dióxido de enxofre usado como conservante (ASHURST, 2011).

A etapa de enchimento fica completa com a selagem das latas ou com a aplicação de cápsulas de alumínio e de polietileno moldável (LDPE ou HDPE), respetivamente nas garrafas de vidro e de PET (ASHURST, 2005).

2.3.4.6. Pasteurização

Após o enchimento, as garrafas e latas contendo a bebida são submetidas a pasteurização. Esta operação unitária tem como objetivo a destruição, por ação do calor, de microrganismos, sobretudo bactérias que possam estar presentes no produto, sem que as suas propriedades sensoriais sejam significativamente afetadas. Estas bactérias se não forem destruídas, reduzem o tempo de vida do

produto e, dependendo da sua patogenicidade, podem inclusivamente causar danos na saúde do consumidor.

Na operação de pasteurização podem utilizar-se dois tipos diferentes de equipamento: um tanque de pasteurização ou um pasteurizador em túnel. O tanque de pasteurização possibilita um tratamento térmico mais económico do produto já que consiste unicamente num tanque no qual é feita a imersão em água das embalagens a pasteurizar. São utilizados diferentes patamares de tempo/temperatura cujos valores são monitorizados utilizando um sensor de temperatura remoto que é mergulhado numa das embalagens imersas. Os pasteurizadores em túnel são equipamentos dispendiosos e de grandes dimensões dentro dos quais as embalagens são transportadas e borrifadas com água quente a uma temperatura que depende da etapa do tratamento térmico (pré-aquecimento, zona de pasteurização, arrefecimento). Geralmente as condições requeridas de pasteurização são temperaturas de 70 a 75°C durante períodos até 20 minutos (ASHURST, 2005).

2.3.5. Controlo de qualidade na produção de refrigerantes

2.3.5.1. Análises físico-químicas

pH

Os refrigerantes possuem pH ácido (i.e. $\text{pH} < 7$) devido à incorporação de substâncias acidificantes e, no caso dos refrigerantes carbonatados, à presença de ácido carbónico resultante da adição física de dióxido de carbono. Como foi referido anteriormente, o carácter ácido confere à bebida uma proteção à deterioração microbiana e química uma vez que limita o crescimento de muitos microrganismos e minimiza a ocorrência de oxidações dos componentes da bebida.

A medição do pH é normalmente realizada por potenciometria, sendo o equipamento utilizado constituído por um eléctrodo de vidro, um eléctrodo de referência e uma sonda de temperatura. Uma vez que o pH varia com a temperatura, a sua determinação deve ser feita a uma temperatura de referência que se deve manter constante, geralmente igual a 20°C, pelo que é aconselhada a colocação prévia das amostras num banho termostático. Antes da medição, o

dióxido de carbono presente nas amostras de bebidas carbonatadas deve ser totalmente removido para se evitarem desvios ou erros na leitura. A descarbonatação pode ser feita por agitação manual, com ultrassons ou utilizando vácuo.

Acidez

A acidez é uma característica das bebidas refrigerantes sendo indicativa da quantidade de ácido presente na sua composição, proveniente da adição de acidificantes e/ou derivados de frutas (e.g. sumos, concentrados, néctares). Apesar de poderem existir diversos ácidos (e.g. cítrico, málico, tartárico), é usual que a acidez seja medida em termos da quantidade de ácido cítrico na forma anidra, matematicamente relacionada com a forma monoidratada.

A determinação da acidez (ou acidez titulável) é feita por titulação da amostra descarbonatada da bebida com uma solução de hidróxido de sódio de concentração conhecida, a uma temperatura constante de 20 °C. Para maior conforto na medição e de modo a evitar-se o erro associado à dificuldade de deteção do ponto de viragem de indicadores de pH em algumas bebidas coloridas, a titulação deve ser realizada num medidor de pH até um valor final de pH=8.1. O resultado da medição da acidez titulável é expresso em g/100mL.

Brix

O Brix corresponde à quantidade de sólidos solúveis numa solução aquosa (i.e. à concentração %m/m), sendo expressa numa escala de graus Brix (°B).

Nos refrigerantes, além do açúcar, estão presentes outros sólidos solúveis (e.g. acidulantes, antioxidantes, etc.), embora geralmente em quantidades significativamente menores. Como a contribuição destes para o Brix da bebida é muito baixa, é comum considerar-se que todos os sólidos solúveis são açúcares. Assim, por exemplo, numa bebida com 10°B (ou 10% m/m) existem 10g de açúcar por 100g de solução. No entanto, em algumas situações o erro resultante desta aproximação não deve ser ignorado (SHACHMAN, 2005). É o caso das bebidas (e respetivos xaropes condimentados) que contém derivados de fruta

(e.g. sumo, polmes, xaropes, néctares) nos quais estão presentes ácidos orgânicos em quantidades significativas.

O Brix de uma solução está diretamente relacionado com a sua densidade através do princípio da flutuabilidade. Como tal, o Brix pode ser determinado a partir da medição da densidade seguida da conversão do valor utilizando tabelas de densidade-Brix. Alternativamente, o Brix pode ser medido diretamente com recurso a instrumentos mais ou menos complexos, como o hidrómetro de Brix ou o refratómetro. O controlo da temperatura durante a medição é essencial uma vez que o valor da densidade da solução é influenciado pelo valor da temperatura a que esta se encontra. O ensaio deve realizar-se a uma temperatura estandardizada de 20°C, pelo que a amostra deverá ser previamente colocada num banho a esta temperatura (SHACHMAN, 2005).

No produto final, desvios do valor de Brix em relação aos valores de especificação do produto podem levar a perda de aceitação do mesmo por parte do consumidor, e no limite causar prejuízos à empresa. Consumidores regulares, conhecedores do produto, podem percecionar alterações ao nível da doçura, do equilíbrio entre a doçura e acidez e até mesmo da textura (devido ao efeito espessante do açúcar). Habitualmente, nas indústrias de bebidas estipula-se uma tolerância de 0.15°B acima e abaixo do valor alvo de Brix de um determinado produto. Esta tolerância comporta quaisquer erros aceitáveis provenientes do processo de fabrico ou de ensaios laboratoriais, tais como medições de volumes, leituras visuais, calibração de equipamentos, etc. Variações do valor de Brix do produto dentro desta gama de tolerância tornam praticamente impercetíveis quaisquer alterações ao nível da doçura ou do sabor global do produto. Importa referir que uma empresa, que consiga produzir bebidas refrigerantes com um Brix na gama inferior de tolerância, conseguirá obter uma maior redução de custos de utilização de açúcares (SHACHMAN, 2005).

O controlo do valor do Brix durante o processo de fabrico é portanto uma tarefa de extrema importância.

Após a preparação do xarope condimentado, o Brix deve ser medido para que se tenha a certeza de ser possível (após a diluição proporcionada) obter a bebida com as características de qualidade pretendidas, evitando-se assim perdas económicas avultadas.

Quando o xarope condimentado não é utilizado imediatamente após a sua preparação, é vulgar verificar-se um aumento do valor de Brix, sobretudo quando é utilizada sacarose como agente adoçante. Este aumento é devido à ocorrência de uma reação

hidrólise ácida que converte a sacarose em glucose e frutose, da qual resulta um aumento na quantidade de sólidos solúveis no xarope (figura 2.4). A reação de hidrólise é tanto mais rápida quanto menor for o pH do meio e/ou quanto maior for a sua temperatura. Dada a elevada concentração de acidificantes no xarope condimentado é de esperar, nas medições efetuadas ao longo do período de armazenamento, haver um aumento bastante perceptível no valor de Brix.

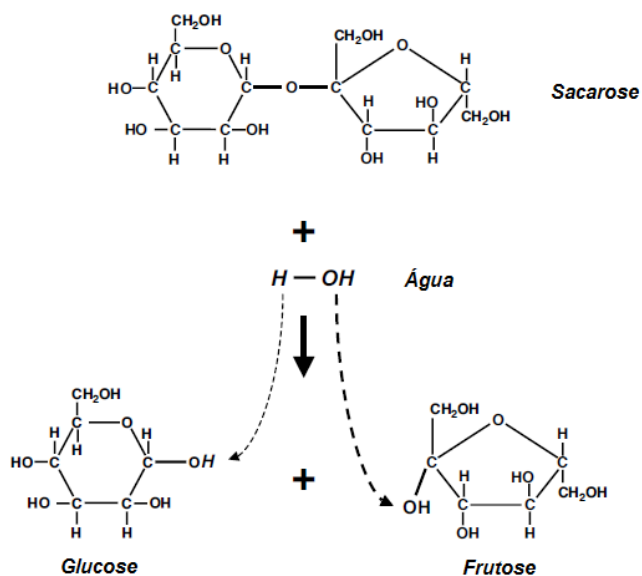


Figura 2.4 - Reação de hidrólise (ou inversão) da sacarose em meio ácido resultando uma mistura de glucose e frutose (açúcar invertido) (adaptado de SHACHMAN, 2005)

Geralmente, a conversão completa da sacarose só é conseguida laboratorialmente adicionando ao xarope pequenas quantidades de um ácido concentrado e aquecendo-o a temperaturas altas ($\sim 90^{\circ}\text{C}$). O valor de Brix do xarope invertido medido à temperatura padrão (B_{inv}) é máximo e está relacionado matematicamente com o Brix do xarope em fresco (i.e., antes que este tenha sofrido conversão) à mesma temperatura (B_{fr}) através da expressão $B_{\text{fr}} = 0.95 \times B_{\text{inv}}$. A determinação de B_{fr} permite saber o valor de Brix do xarope condimentado que deve ser considerado para que após a diluição proporcionada se obtenha a bebida com o valor de Brix dentro da gama de

tolerância. Além disso, conhecendo os dois valores de Brix (B_{fr} e B_{inv}) pode determinar-se qual o estado de conversão do xarope condimentado na leitura do Brix realizada após o armazenamento.

O conhecimento do Brix da bebida acabada e do xarope final permite saber se a operação de diluição foi feita corretamente, possibilitando identificar problemas ao nível do proporcionador de xarope.

Dióxido de carbono dissolvido

Nos refrigerantes, o dióxido de carbono dissolvido resulta da operação de carbonatação, i.e. da adição física sobre pressão deste gás à bebida ou à água com a qual é preparada a bebida final (SHACHMAN, 2005).

Numa embalagem (e.g. garrafa, lata) fechada e praticamente impermeável, contendo um refrigerante carbonatado mantido a uma determinada temperatura, o dióxido de carbono tende a ocupar quer a fase líquida da bebida, quer a fase gasosa do espaço vazio (*headspace*) dessa embalagem. De facto, o que acontece é que, após o enchimento e selagem da embalagem, uma parte do gás da bebida liberta-se para o *headspace*, e outra parte do gás presente na fase gasosa desse espaço dissolve-se na matriz líquida. Diz-se que o dióxido de carbono atinge um estado de equilíbrio quando as velocidades de saída e de entrada deste gás na matriz líquida se igualam (ASHURST, 2005).

Quando a embalagem é agitada, verifica-se na interface gás-líquido (i.e., à superfície da bebida) a ocorrência de espuma devida à libertação do gás dissolvido. Esta espuma tende a desaparecer quando é atingido um estado de equilíbrio caracterizado, àquela temperatura constante, pelos mesmos valores de pressão ($P_{eq,g}$ e $P_{eq,l}$).

Se a garrafa for descapsulada e mantida aberta durante um tempo, ocorre uma redução súbita de pressão no *headspace*, e a bebida vai perdendo o gás até que seja feito novo encapsulamento. Agitando-se novamente a garrafa encapsulada, a libertação do gás dissolvido provoca um novo aumento de pressão do *headspace* até um valor de equilíbrio inferior ao valor inicial, ou seja, $P_{eq',g} < P_{eq,g}$ e $P'_{eq,l} < P_{eq,l}$.

A rapidez com que é atingido o estado de equilíbrio é tanto maior quanto maior for a velocidade de transferência do gás da matriz líquida para o *headspace* que, por sua vez, é influenciada por vários fatores, entre os quais a proximidade entre a pressão das duas fases, a temperatura e natureza da matriz, a extensão da agitação da embalagem, e a presença de agentes de nucleação.

À medida que a diferença entre a pressão na matriz líquida e a pressão no *headspace* se vai encurtando, a velocidade de descarbonatação diminui até um valor constante correspondente ao equilíbrio. Temperaturas e viscosidades baixas da matriz líquida, também contribuem para uma velocidade mais baixa. Agitações vigorosas e demoradas assim como a incorporação de agentes de nucleação (e.g. ingrediente sólido, outros gases dissolvidos) aumentam a velocidade com que se atinge o equilíbrio (ASHURST, 2005).

Se a garrafa permanecer sempre aberta, a bebida irá perder gradualmente carbonatação, até que a pressão de equilíbrio do dióxido de carbono no interior da bebida atinge o valor de pressão atmosférica ($1 \text{ atm} \approx 1.01 \text{ bar} \approx 14.70 \text{ psi}$)

Para um determinado volume, a quantidade de dióxido de carbono que pode ficar retida numa solução depende inversamente do valor da temperatura dessa solução e diretamente do valor de pressão deste gás em equilíbrio com a solução. Quanto menor for a temperatura, maior é a quantidade de dióxido de carbono que é possível dissolver. Por outro lado, quanto maior for a temperatura maior é a pressão necessária para manter a mesma quantidade de dióxido de carbono em solução (ASHURST, 2005).

A quantidade dissolvida de dióxido de carbono está relacionada com a quantidade de ácido carbónico na bebida, que como foi referido anteriormente, contribui para o sabor ácido e para a sensação de efervescência pretendida para as bebidas carbonatadas. O excesso de gás torna a bebida muito picante, mas em quantidades insuficientes esta é percebida como demasiado lisa. Ambas as situações reduzem a qualidade do produto, o que contribui para a perda de aceitação pelo consumidor. É então essencial o controlo da quantidade de dióxido de carbono dissolvido na bebida após o enchimento (SHACHMAN, 2005).

É comum expressar-se a quantidade de dióxido de carbono de uma bebida refrigerante (ou nível de carbonatação) em termos da quantidade de volumes de carbonatação, i.e. no número de vezes que o volume de dióxido de carbono dissolvido pode ser dividido pelo volume de líquido contido na embalagem, a uma pressão e temperatura constantes. Por exemplo, uma bebida contendo 4 volumes de carbonatação apresenta um volume de dióxido de carbono dissolvido quatro vezes o volume da bebida (ASHURST, 2005; SHACHMAN, 2005).

A determinação do volume de dióxido de carbono é feita através da medição da pressão de dióxido de carbono e da temperatura no interior da garrafa ou da lata utilizando um aparelho semelhante ao da figura 2.5.

O aparelho está equipado com um tubo fino e rígido de ponta afiada ligado a um manómetro, e uma válvula de escape de gás. A ponta fina do tubo destina-se à perfuração da embalagem para que o gás contido no *headspace* circule até ao manómetro onde é lida a pressão correspondente. Para fazer a medição da pressão de dióxido de carbono é necessário, em primeiro lugar, assegurar que a válvula de escape se encontra fechada. Depois, a embalagem é colocada e fixada no aparelho, sendo de seguida perfurada com a ponta afiada. O seu conteúdo deve ser agitado de modo a que a pressão no *headspace* se eleve e estabilize mais rapidamente no valor de equilíbrio. A válvula de escape é então aberta para que a mistura gasosa do *headspace* seja purgada, devendo a pressão lida no manómetro atingir o zero. De seguida, fecha-se a válvula de escape, e procede-se novamente à agitação da bebida e à medição do valor de pressão de equilíbrio, que corresponde agora à pressão de dióxido de carbono dissolvido (ASHURST, 2005).

A realização da purga visa a eliminação do ar (i.e. da mistura gasosa composta por cerca de 35% de oxigénio e 65% de azoto) dissolvido na bebida,

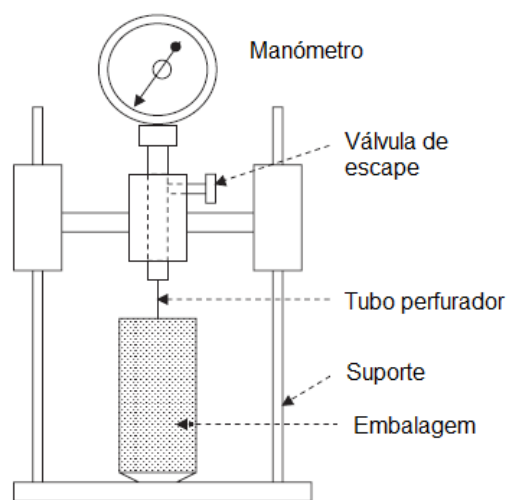


Figura 2.5 - Aparelho medidor de nível de carbonatação (adaptado de ASHURST, 2005)

cuja solubilidade é 1/50 da do dióxido de carbono. Caso o ar não seja removido, a medição de dióxido de carbono dissolvido é afetada. Isto é explicado pela lei de Dalton que refere que a pressão de uma mistura de gases é igual à soma das pressões parciais de cada gás quando estes ocupam o mesmo volume e se encontram à mesma temperatura (ASHURST, 2005). Como tal, para uma determinação mais precisa da quantidade de dióxido de carbono na bebida, apenas a pressão parcial deste gás é que pode ser considerada, enquanto todas as outras pressões parciais que contribuem para a pressão total medida pelo aparelho devem ser eliminadas. Por exemplo, numa bebida, o azoto pode atingir uma pressão parcial de 0.2 bar ou superior que se não for eliminada provoca um incremento de pelo menos 0.4g/L no valor real de dióxido de carbono (SHACHMAN, 2005).

O valor da temperatura da bebida deve também ser lido, utilizando-se um termómetro que pode ou não estar incorporado no aparelho. Conhecidos os valores de temperatura e de pressão de equilíbrio de dióxido de carbono é possível determinar os volumes de carbonatação com auxílio de tabelas de carbonatação. Os equipamentos mais sofisticados fazem o cálculo automático do nível de carbonatação (ou volume de dióxido de carbono) a partir das medições precisas de temperatura e de pressão (SHACHMAN, 2005).

Para garantir uma boa precisão dos resultados é necessário assegurar que o termómetro e o manómetro se encontram calibrados e que a medição da pressão é feita em situação de equilíbrio. Desta forma devem evitar-se agitações durante a perfuração da embalagem, e verificar que não ocorrem fugas de gás durante a medição.

Habitualmente, o controlo de qualidade das indústrias de bebidas estipulam uma tolerância de ± 0.25 em relação ao valor alvo de volumes de carbonatação de um determinado produto (SHACHMAN, 2005).

O valor alvo do volume de carbonatação depende do tipo de bebida e é condicionado pelas características do material e do tamanho da embalagem. As garrafas de PET por serem bastante porosas deixam escapar mais dióxido de carbono através das suas paredes. A taxa de perda de gás é tanto maior quanto mais pequena for a embalagem, pelo que se torna necessário utilizar nestes

casos maiores volumes de carbonatação para que o tempo de vida do produto não fique encurtado. As latas aguentam níveis de carbonatação até 3.5 volumes sem sofrerem deformações e roturas. As garrafas de vidro podem ser projetadas para acomodarem pressões de gás mais elevadas de produtos como águas tónicas (ASHURST, 2005).

2.3.5.2. Análise Sensorial

A análise sensorial pode ser definida como um método científico usado para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características dos produtos alimentares tal como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (NORONHA, 2006).

Na indústria alimentar e das bebidas, a análise sensorial desempenha um papel crucial na aceitação do produto pelo consumidor. Por exemplo, um refrigerante que cumpra as especificações de qualidade estipuladas (e.g. Brix, acidez, turvação, valor nutricional, etc.) se não apresentar um sabor/aroma e aparência dentro do esperado, terá maior probabilidade de ser rejeitado pelo consumidor (SHACHMAN, 2005).

Algumas características sensoriais que devem ser analisadas, pois contribuem para o sucesso de um refrigerante são a doçura, acidez, aroma, paladar, cor, turvação e, no caso das bebidas carbonatadas, o conteúdo em gás ou efervescência (SHACHMAN, 2005).

A análise sensorial recorre a testes sensoriais, que procuram responder a questões sobre as características de um produto, podendo ser classificados em discriminatórios, descritivos ou hedónicos.

De modo a minimizar a ocorrência de erros nos resultados da análise, a realização destes ensaios pressupõe o cumprimento de uma série de condições e normas aplicadas ao nível das pessoas envolvidas (técnicos, provadores e consumidores), do ambiente (salas de provas e de preparação de amostras), e da forma como são apresentadas as amostras (temperatura, quantidade, codificação, ordem e horário de prova).

Testes Discriminatórios

Os testes discriminatórios são testes analíticos rápidos e simples que procuram responder à questão “Os produtos são diferentes um do outro?”. Ou seja, têm como objetivo detetar e reconhecer diferenças nos e/ou entre os produtos (OLIVEIRA, 2012). Estas diferenças podem ter sido introduzidas deliberadamente ou não nos produtos em análise (SHACHMAN, 2005). Normalmente são aplicados no controlo de qualidade, em estudos de tempo de vida e como forma de deteção de possíveis contaminações (OLIVEIRA, 2012).

No contexto do controlo de qualidade, a utilização de testes discriminatórios permite saber se o produto (quando comparado com um padrão) está de acordo com as especificações, e qual a variação esperada no(s) parâmetro(s) de qualidade. Os estudos de tempo de vida procuram saber em quanto tempo é que um produto armazenado em condições adequadas (e.g. temperatura, luz) demora a desenvolver mudanças perceptíveis nas suas características sensoriais; como é que estas características variam com o armazenamento; e qual o período máximo de armazenamento a partir do qual o produto fica inaceitável do ponto de vista sensorial. A ocorrência de contaminações (e.g. agentes de limpeza) durante o processamento ou devidas à embalagem podem também ser detetadas através deste tipo de testes (OLIVEIRA, 2012).

Estes testes devem ser realizados por um painel de 25-50 provadores (treinados ou não treinados) selecionados para acuidade sensorial, i.e. que demonstrem capacidade de distinguir de forma nítida diferenças ao nível do sabor e aroma dos produtos (OLIVEIRA, 2012) (IFT, 2007). Podem ser empregues diversas metodologias de teste (e.g., triangular, duo-trio e comparação pareada) nas quais os provadores estão limitados a duas respostas: “Sim” no caso de haver diferenças e “Não” caso não haja diferenças (IFT, 2007).

Testes descritivos

Os testes descritivos são testes analíticos que procuram responder à questão “Como diferem os produtos em características sensoriais específicas?” (OLIVEIRA, 2012). Nestes testes são utilizados métodos, comumente

designados por testes de Perfil Sensorial, que recorrem a um conjunto de termos descritivos (ou descritores) para a avaliação de características sensoriais da amostra (e.g. aroma, sabor e textura). A avaliação da intensidade de cada característica é também solicitada. Os descritores utilizados devem ser pertinentes, não ambíguos, não redundantes, exaustivos e quantificáveis. Alguns métodos utilizados são o Perfil Aromático, o Perfil de Textura, a Análise Descritiva Quantitativa (QDA), o método *Spectrum*TM, o Perfil de Livre Escolha, e o Perfil Flash (NORONHA, 2006).

A utilização destes testes é mais apropriada no contexto do Desenvolvimento de Novos Produtos, onde é desejável desenvolver um produto cujas características sensoriais se aproximem de um produto-alvo, e.g. um produto líder de mercado (*product matching*); reformular um produto já existente usando diferentes ingredientes, receitas ou processos; ou investigar a posição do produto em relação a outros produtos existentes no mercado (*product mapping*) (OLIVEIRA, 2012).

Estes testes devem ser realizados por painéis de 8 a 12 provadores, selecionados para acuidade sensorial e treinados de modo a compreenderem as características sensoriais e serem capazes de quantificar essas características. Dado que permitem obter informações mais detalhadas acerca dos produtos, a análise de resultados dos testes tende a ser bastante morosa (IFT, 2007; OLIVEIRA, 2012; NORONHA, 2006).

Testes hedónicos

Os testes hedónicos são testes que visam estabelecer se as diferenças entre produtos são reconhecidas e se melhoram a probabilidade de serem aceites pelos consumidores (OLIVEIRA, 2012). Para este tipo de provas o painel é constituído por 75 a 150 provadores que, tanto quanto possível, devem ser representativos da população dos consumidores-alvo. Os provadores são selecionados de acordo com a utilização que fazem do produto, não sendo requerido, possuírem treino sensorial (IFT, 2007). Este tipo de testes pode ser aplicado em diversas situações, nomeadamente a manutenção das

características e a melhoria (ou otimização) de um produto; o desenvolvimento de novos produtos; e a avaliação do potencial de mercado (NORONHA, 2006).

Nos testes hedônicos o provador indica a sua reação subjetiva sobre o produto, indicando se gosta ou não do produto, se o aceita ou não, ou se o prefere a um outro produto. Estas provas apresentam uma grande variabilidade e são as provas cujos resultados são mais difíceis de interpretar, já que tratam de opiniões completamente pessoais (NORONHA, 2006)

2.4. Desenvolvimento e produção de cervejas

2.4.1. Definição de cerveja

A Portaria n.º 1/96, de 3 de Janeiro (alterada pela Portaria n.º 180/96) define e estabelece as características e regras de fabrico, acondicionamento e rotulagem das cervejas. Segundo a mesma Portaria, entende-se por cerveja a bebida obtida por fermentação alcoólica, mediante leveduras selecionadas do género *Sacharomyces*, de um mosto preparado a partir de malte de cereais, principalmente cevada, e outras matérias-primas amiláceas ou açucaradas, ao qual foram adicionadas flores de lúpulo ou seus derivados e água potável.

2.4.2. Matérias-primas

2.4.2.1. Água

A água é o componente da cerveja presente em maior quantidade, já que representa mais de 90% do produto final (EBC, 2001). Além disso, quer a água quer os seus componentes dissolvidos, sobretudo os minerais, desempenham um papel relevante em diversas etapas do processo de fabrico, nomeadamente na maltagem, na brassagem e na fermentação, e acabam por influenciar a qualidade do produto final. Inclusivamente, a produção de alguns estilos de cerveja exige a utilização de águas com composições iónicas específicas. Por exemplo, na produção de *lagers* devem ser utilizadas águas muito pouco mineralizadas e com baixo teor de carbonatos para que sejam realçados os aromas suaves do produto. No caso das *ales* amargas o sulfato deve encontrar-

se em maior quantidade do que o cloreto para que sejam evidenciados os aromas amargos. A tabela 2.6 reúne alguns dos parâmetros da água mais relevantes para o fabrico e qualidade da cerveja. São também apresentados os valores recomendados e é explicada a importância de cada um dos parâmetros. Alguns minerais apresentados na tabela provêm de outras matérias-primas pelo que a sua concentração na água deve ser verificada de modo a que, durante o fabrico, não seja ultrapassado o respetivo valor recomendado.

Tabela 2.6 - Parâmetros da água relevantes para o fabrico e qualidade da cerveja (adaptado de EBC, 2001)

Parâmetro	Importância	LR (mg/L) *
pH	Influencia algumas reações envolvidas no fabrico do mosto e na fermentação. Um valor baixo de pH favorece uma redução na extração de taninos e compostos amargos do lúpulo, assim como aumentos na quantidade de compostos de azoto solúvel (e.g. péptidos e aminoácidos), no rendimento em extrato, na taxa de escoamento e na fermentabilidade do mosto.	6.0 – 7.5
Cálcio	Influencia a dureza (temporária e permanente) da água. Durante o fabrico da cerveja, os iões provocam a precipitação dos fosfatos, e portanto uma redução do pH. Consequentemente, a atividade da α -amilase é estabilizada, são estimuladas as enzimas proteolíticas e amilolíticas, é favorecida a precipitação de oxalato causador de turvações, e melhorada a coagulação de proteínas durante a ebulição. Dentro do intervalo de concentração recomendado, contribui para melhorar o corpo e a plenitude do paladar da cerveja.	20 – 150
Magnésio	Os seus iões têm efeito na redução de pH (durante o fabrico da cerveja) semelhante ao dos iões cálcio, embora menos pronunciado. Auxiliam o metabolismo fermentativo da levedura uma vez que constituem um importante cofator das enzimas envolvidas nessa via metabólica. Acima do limite recomendado confere aromas amargos indesejados à cerveja. Uma vez que pode provir do malte, a quantidade na água deve ser considerada de modo a que o valor limite não seja ultrapassado.	< 30
Sódio	Abaixo do limite recomendado, contribui para melhorar o corpo e a plenitude do paladar da cerveja, conferindo-lhe um sabor doce. Acima do limite confere um sabor amargo e salgado à cerveja.	< 150
Ferro	Acima de 0.5mg/L na água de molha podem causar descoloração do malte. Acima do limite recomendado pode impedir a completa sacarificação do malte; dar origem a mostos muito turvos; inibir a atividade das leveduras; prejudicar o sabor, a cor e a estabilidade coloidal da cerveja; provocar a oxidação da cerveja.	< 0.2
Zinco	Provém principalmente do malte, embora no mosto a sua concentração seja influenciada pelo pH. Abaixo do limite recomendado favorece a atividade fermentativa da levedura, e limita a formação de H_2S . Acima desse valor, pode inibir as amilases do malte e o crescimento das leveduras, assim como favorecer a oxidação da cerveja da qual resultam turvações e alterações na estabilidade do aroma.	0.15 – 0.5

Tabela 2.6 - Parâmetros da água relevantes para o fabrico e qualidade da cerveja (**adaptado de EBC, 2001**) (**cont.**)

Parâmetro	Importância	LR (mg/L)*
Cobre	Acima do valor recomendado, favorece a oxidação na cerveja provocando alterações na estabilidade coloidal e do aroma (~1mg/L), inibe enzimas e é tóxica para as leveduras (~10mg/L).	< 0.1
Manganês	Acima do limite recomendado pode provocar problemas semelhantes aos causados pelo ferro no fabrico de cerveja. No entanto abaixo de 0.2mg/L atua como cofator das enzimas envolvidas na fermentação pelas leveduras. Abaixo do valor recomendado favorece a atividade enzimática durante a brassagem.	< 0.05
Amónio	É um indicador de contaminação da água. Acima do valor recomendado reduz a conversão de nitrato a nitrito.	< 0.5
Bicarbonato e carbonato	Influenciam a alcalinidade total das águas. Uma elevada alcalinidade tende a provocar um aumento do pH durante o fabrico da cerveja, e portanto uma redução dos benefícios decorrentes da presença do cálcio.	< 50
Sulfato	Confere à cerveja um paladar mais seco e sabor amargo.	10 – 250
Cloreto	Abaixo do limite recomendado contribui para melhorar o corpo e a plenitude do paladar da cerveja. Acima deste limite aumenta o risco de corrosão do aço dos equipamentos, inibe a floculação das leveduras assim como a fermentação devido ao seu efeito tóxico.	< 150
Nitrato	É um indicador de poluição da água caso esta apresente níveis acima de 10mg/L. Dado que provém do malte e do lúpulo, e ser tóxico deve encontrar-se abaixo do nível limite recomendado.	50
Nitrito	Podem provir da redução do nitrato realizada por microrganismos. Acima do limite recomendado são tóxicas para as leveduras inibindo o seu crescimento, e causa descoloração.	0.1
Silicato	Provêm também do malte. Acima do limite recomendado podem dificultar a fermentação, e complexar com os iões de cálcio dificultando a pasteurização	< 40

2.4.2.2. Malte de cevada

O malte é o produto resultante do processo de maltagem de cereais, principalmente de cevada.

A qualidade da cevada utilizada no fabrico de malte cervejeiro influencia diretamente a qualidade da cerveja e é dependente de diversos fatores, nomeadamente das condições edafo-climáticas da região onde é cultivada, da variedade, e do ano em que são realizados o cultivo e a colheita. Dependendo da altura do ano em que a planta da cevada (*Hordeum vulgare*) é cultivada podemos ter cevada



Figura 2.6 - Variedades de cevada: a) dística b) hexástica (GROVER, 2014)

cervejeira de inverno ou de primavera. A cevada de inverno é mais robusta e encorpada, tendo um ciclo de desenvolvimento mais curto que a cevada de primavera, que apresenta sabores mais doces e limpos (FERNANDES, 2015). Ambos os tipos de cevada englobam variedades que, de acordo com o modo como os grãos se distribuem na espiga, podem ser classificadas em dísticas (i.e. com duas fileiras de grãos) ou hexásticas (i.e. com seis fileiras) (figura 2.6). Os grãos de cevada dística são geralmente maiores, uniformes, e apresentam uma casca mais fina, pelo que comportam maior conteúdo útil à produção de malte e menores quantidades de compostos fenólicos e substâncias amargas. Devido à morfologia da espiga, os grãos de cevada hexástica apresentam tamanhos e formatos menos uniformes. Assim, de um modo geral, as variedades mais adequadas à produção de malte cervejeiro são as dísticas de primavera (KUNZE, 1999).

O grão de cevada está dividido em três partes: o gérmen, do qual nascem a plúmula, o caulículo e as radículas; o endosperma, constituído por células contendo grânulos de amido; e o revestimento do grão, nomeadamente a testa, o pericarpo e duas camadas de casca. O endosperma encontra-se pela aleurona que consiste numa camada de células ricas em proteínas nas quais se encontram depositadas gorduras, polifenóis e substâncias corantes (figura 2.7).

No que respeita à composição, o grão de cevada é composto por 14-15% de humidade. No entanto, dependendo das condições de armazenamento do grão, o teor de humidade pode variar de 12% até mais de 20%. Para se garantir uma conservação a longo prazo e uma capacidade germinativa ótima é importante garantir um teor de humidade inferior a 15%. Os restantes componentes do grão de

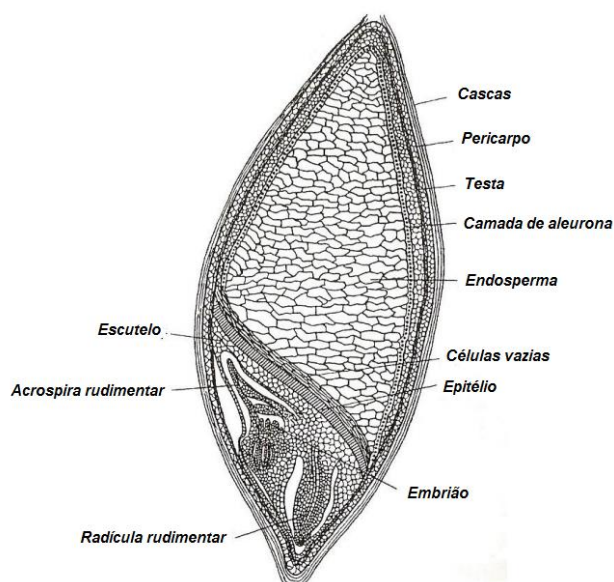


Figura 2.7 - Secção cruzada longitudinal do grão de cevada (adaptado de KUNZE, 1999)

cevada, medidos na base seca correspondem a: 70-85% de hidratos de carbono, 10.5-11.5% de proteínas e aminoácidos, 2-4% de matéria inorgânica, 1.5-2% de lípidos e 1-2% de outras substâncias, nomeadamente polifenóis (taninos), vitaminas e enzimas.

Entre os hidratos de carbono encontram-se os amidos (50-63%); a celulose (5-6%); as hemiceluloses na forma de β -glucano (4-7%) e os açúcares (1.8-2%). Os amidos (amiloze e amilopectina) e os açúcares (sacarose, glucose e frutose) encontram-se predominantemente armazenados nas células do endosperma do grão servindo como fontes energéticas para o crescimento da plântula até que esta tenha desenvolvido o seu aparelho fotossintético.

A celulose encontra-se localizada exclusivamente na casca onde desempenha uma função estrutural. Por se tratar de uma fibra insolúvel e não degradável pelas enzimas que se formam durante a maltagem, não exerce qualquer efeito na qualidade da cerveja.

As hemiceluloses são os principais constituintes da parede celular do endosperma e consistem em longas cadeias de monossacáridos. Entre as hemiceluloses, importa dar destaque ao β -glucano presente em maior quantidade (80-90%) e com propriedades capazes de condicionar a produção da cerveja. Em meio aquoso, as moléculas desta hemicelulose tendem a associar-se entre si por pontes de hidrogénio formando géis, que se não forem degradados enzimaticamente durante a maltagem, podem provocar problemas durante a filtração do mosto.

A maior parte dos compostos azotados da cevada corresponde a proteínas (c.a 92%) sendo a restante fração composta por produtos derivados da sua decomposição. Embora as proteínas se encontrem distribuídas um pouco por todo o grão, cerca de 30% estão localizadas nas paredes das células do endosperma desempenhando funções de transporte. Da decomposição enzimática durante a maltagem resulta uma redução da quantidade de proteínas e um aumento da quantidade de produtos de decomposição. Contrariamente às proteínas, os produtos de decomposição são solúveis em água e não precipitam durante a ebulição do mosto, podendo passar para a cerveja. Os produtos de maior peso molecular estão envolvidos na retenção da

espuma e na formação de turvações na cerveja. Por outro lado, os produtos de menor peso molecular resultantes da decomposição de proteínas (aminoácidos e oligopéptidos) são nutrientes essenciais para as leveduras envolvidas na operação de fermentação.

Entre os compostos inorgânicos presentes no grão incluem-se os fosfatos (35%), os silicatos (25%), sais de potássio (20%), e elementos traço essenciais à operação de fermentação (e.g. magnésio, zinco).

A cevada contém também uma série de outras substâncias que influenciam o fabrico e a qualidade da cerveja, nomeadamente polifenóis (ou taninos) e enzimas. Os polifenóis encontram-se depositados na casca e na camada de aleurona. Se não forem removidos, estes compostos (nomeadamente as antocianinas) conferem à cerveja sabores amargos desagradáveis e, na presença de produtos de decomposição de proteínas, levam ao aparecimento de turvações. Na cevada estão presentes diversas enzimas, embora em pequenas quantidades.

Quando a cevada é recebida na maltaria, são realizados procedimentos de controlo de qualidade manuais (e.g. verificação da cor, cheiro, aspeto da casca, e presença de impurezas) e laboratoriais (e.g. calibração peso hectolítrico, teor de humidade, capacidade germinativa), assim como procedimentos de preparação para produção, nomeadamente remoção de impurezas/contaminantes (e.g. poeiras, areia, objetos metálicos, sementes de ervas daninhas), classificação dos grãos com base no tamanho, secagem e armazenagem até à sua utilização.

No processo de maltagem, os grãos são submetidos a uma sequência de três operações: molha, germinação controlada e secagem. Na operação de molhagem, os grãos de cevada são colocados em contacto com a água para que ocorra a sua lavagem e seja atingido o teor de humidade necessário ao início da germinação. No final da molha é perceptível o aparecimento de radículas. Durante a germinação, realizada em condições controladas de humidade, temperatura e oxigénio, ocorre no gérmen e na camada de aleurona a síntese e ativação de diversas enzimas, nomeadamente amilases, peptidases e β -glucanases (KUNZE, 1999). Estas duas últimas irão atuar sobre as estruturas do endosperma responsáveis pela retenção dos amidos no seu interior, tornando-

os disponíveis para o posterior desdobramento em açúcares realizado pelas amílases. Estes açúcares servirão de substrato às leveduras durante a fermentação, a partir da qual é produzida a cerveja (FERNANDES, 2015). A par das transformações bioquímicas no interior do grão, observa-se durante a germinação o crescimento das radículas e o desenvolvimento de uma plúmula debaixo da casca que, no final da operação deverá atingir um comprimento próximo ao do grão. Nessa altura, a germinação é interrompida através da secagem dos grãos. A secagem visa a redução gradual da humidade do grão (possibilitando quer a sua conservação quer a cessação da atividade enzimática) assim como o desenvolvimento de cores e aromas desejados consoante o tipo de malte que se pretende produzir (KUNZE, 1999).

Como foi referido anteriormente, o malte cervejeiro é feito principalmente a partir de grãos de cevada, no entanto podem ser utilizados outros cereais maltados tais como o trigo, o centeio a aveia. As razões apontadas para que a cevada seja dominante na quase totalidade da produção mundial da bebida estão ligadas às características particulares deste cereal: a sua elevada e rápida capacidade enzimática, que torna a maltagem mais simples; a elevada concentração de amido, garantia de formação de bastante açúcar; e a presença de uma quantidade moderada de proteínas (FERNANDES, 2015).

Na produção do malte, os mestres de maltagem são responsáveis por selecionar os lotes de grão, assim como controlar as variáveis das etapas de germinação e secagem. Escolhendo o grau de intensidade e o tempo da secagem é possível obter diferentes tipos de malte que darão origem a diversos estilos de cerveja, com cores e características aromáticas específicas. Quanto mais intenso for o calor sofrido pelo grão, menor será a capacidade fermentativa. É frequente a utilização de vários tipos de malte. Alguns maltes torrefatos ou caramelizados são utilizados para acrescentar aromas, cor e sabor. As designações atribuídas aos maltes acabam por dar o nome ao estilo e cerveja e podem ter origem nos locais onde foi utilizada uma técnica de maltado específica pela primeira vez (e.g. maltes *Pilsner* e *Munich*), aos aromas que o caracterizam (e.g. maltes *Chocolate* e *Caramelo*), ou ainda dever-se à sua cor (e.g. maltes *Pale Ale* e *Crystal*) (FERNANDES, 2015).

2.4.2.3. Adjuntos

Os adjuntos correspondem a fontes de carboidratos além do malte de cevada, que são utilizados com o objetivo de aumentar o teor de açúcares fermentescíveis do mosto. Nestes incluem-se alguns cereais não maltados (e.g. milho, trigo, arroz, cevada, e sorgo) e açúcares (e.g. sacarose e xarope de glucose). Por serem mais baratos que o malte e apresentarem pouco ou nenhum azoto solúvel, os adjuntos podem substituir até 20% daquela matéria-prima (KUNZE, 1999). A sua utilização influencia a qualidade da cerveja produzida. Por exemplo, com a utilização de milho, as cervejas tendem a adquirir um sabor mais intenso, com o trigo sabor mais seco e, com a cevada maior aspereza. Quer o milho quer a cevada permitem melhorar consideravelmente a retenção de espuma (PRIEST & STEWART, 2006).

2.4.2.4. Lúpulo

O lúpulo utilizado na cerveja (figura 2.8) corresponde à flor feminina da planta dióica perene denominada *Humulus Lupulus*, ou aos seus derivados (e.g. *pellets* e extratos de lúpulo). Esta planta trepadeira é oriunda das regiões subtropicais da Europa e da Ásia. As flores assemelham-se a pequenas pinhas cujas brácteas de cor verde encerram no seu interior a glândula lupulínica (FERNANDES, 2015).

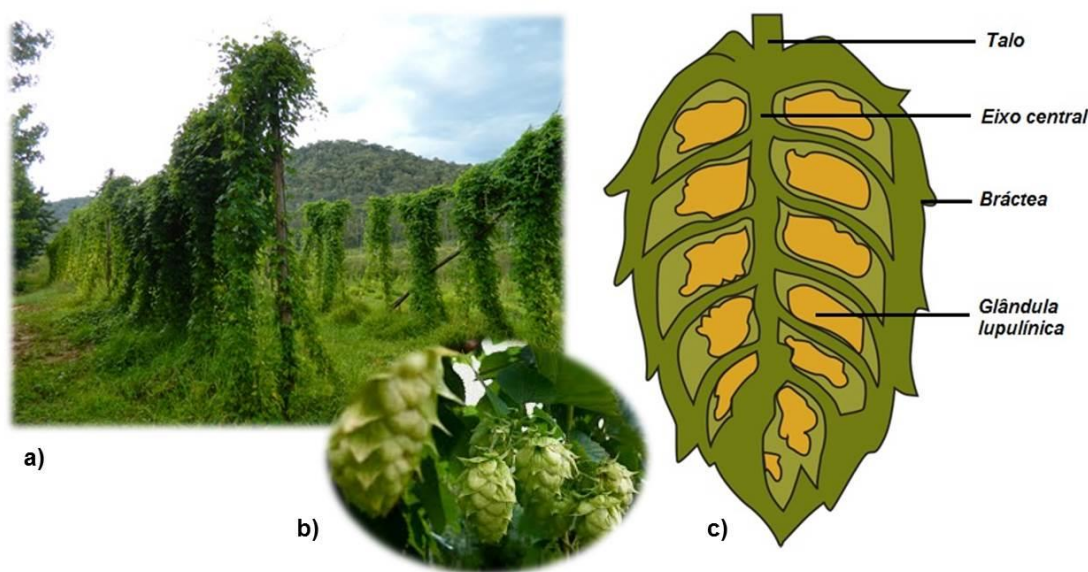


Figura 2.8 - Lúpulo: a) *Cultivo da planta* (adaptado de RODRIGUES, 2016); b) *Flor de lúpulo* (adaptado de CRIALE, 2016); c) *Estrutura da flor* (adaptado de CBA, 2016)

Na sua composição, o lúpulo apresenta componentes que desempenham um papel fundamental no processo de fabrico e na qualidade da cerveja. É o caso das resinas, dos óleos e dos polifenóis.

As resinas representam 14-21% do peso total (em matéria seca) da flor de lúpulo e são responsáveis pelo sabor amargo que este componente confere à cerveja. Atuam também como estabilizantes da espuma e como antissépticos, controlando o crescimento de alguns microrganismos indesejáveis. Entre as resinas presentes na flor de lúpulo incluem-se as humulonas (ou ácidos- α), as lupulonas (ou ácidos- β), a hulupulona e os ácidos húmicos. Os ácidos- α sob a ação do calor da operação de ebulição sofrem isomerização originando compostos mais solúveis, os iso- α -ácidos. Estes compostos resistem à precipitação durante o arrefecimento e fermentação do mosto, chegando ao produto acabado onde são os principais responsáveis pelo amargor.

Os óleos são componentes voláteis, responsáveis pelo aroma característico do lúpulo. Na flor representam cerca de 0.5-1.5% do seu peso (em matéria seca) estando localizadas na glândula lupulínica tal como as resinas. Os óleos mais predominantes são o mirceno, que confere um aroma aguçado à cerveja, o

humuleno e o β -cariofileno que, pelo contrário, conferem aromas mais agradáveis.

Os polifenóis estão presentes nas pétalas e no eixo central das flores de lúpulo, representando cerca de 2-5% do seu peso em matéria seca. Consistem numa mistura constituída principalmente por antocianogénicos, além de taninos, flavonóis e catequinas. Estas substâncias, apesar de se encontrarem em pequenas quantidades no mosto, são responsáveis por uma série de importantes propriedades: conferem sabor adstringente; combinam-se com proteínas do mosto formando turvações; por oxidação formam compostos que conferem tonalidades vermelhas a acastanhadas; reagem com sais de ferro formando compostos escuros.

O cultivo de lúpulo é realizado em regiões de clima temperado, tradicionalmente no Hemisfério Norte entre as latitudes de 30 e 50°. A planta deve estar exposta a pelo menos quatro meses de frio invernal, ser devidamente regada, e receber luz do sol diretamente (KUNZE, 1999). Dependendo da variedade e do clima do local de cultivo, a planta pode ser suscetível à ocorrência de pragas e doenças desencadeadas por agentes patogénicos, nomeadamente fungos, bactérias, vírus, insetos e nemátodos (SOUZA, 2005). Geralmente, a colheita das flores das plantas de lúpulo (com mais de dois anos) é feita no final do verão, entre os meses de agosto e setembro, devendo ser realizada no prazo máximo de catorze dias. Logo após a colheita as flores devem ser imediatamente secas (a cerca de 50°C) até um teor de humidade de 8-12%, comprimidas hidraulicamente em fardos que, depois de revestidos com um material sintético, são conservados no frio. Como resultado da compressão é reduzido o ar contido nos interstícios capaz de provocar oxidações, e dificultada a reabsorção de humidade que favorece a proliferação de microrganismos (KUNZE, 1999).

Inúmeras variedades de lúpulo são cultivadas com vista à produção de cerveja. Conforme a quantidade de resinas (ácidos- α) ou de óleos essenciais presentes, as variedades de lúpulo podem ser classificadas respetivamente em variedades de amargo ou de aroma (UNICER, 2016d). O leque de aromas que pode obter-se a partir do lúpulo inclui tons herbáceos, florais, cítricos, frutados ou botânicos. As variedades inglesas *Fluggles* e *Goldings*, utilizadas nas cervejas

ale são bastante aromáticas e com baixa acidez. A *Northdown* confere amargor e aroma as *ales* e *lagers*, e o *Saaz* usado nas *Pilsners* originais é mais aromático. Na etapa de ebulição do mosto podem ser utilizados uma ou mais variedades de lúpulo. Geralmente as variedades de amargo são acrescentadas no início da ebulição enquanto as variedades de aroma são adicionadas no final (FERNANDES, 2015)

A utilização de produtos transformados de lúpulo como *pellets* e extratos apresenta uma série de vantagens face à do produto não transformado. Os produtos transformados podem ser armazenados durante períodos de tempo substancialmente mais alargados sem sofrerem redução da sua qualidade, são mais facilmente doseados, requerem menores custos de transporte e armazenamento, e possibilitam obter cervejas com intensidades de amargor mais elevados e constantes.

No processo de fabrico de *pellets*, as flores de lúpulo são secas, moídas e peneiradas, sendo a farinha resultante submetida a prensagem em moldes cilíndricos. O produto é arrefecido e embalado, utilizando-se atmosfera modificada, composta essencialmente por dióxido de carbono ou azoto, de modo a preservar-se a sua qualidade. Atualmente são produzidos *pellets* de lúpulo contendo diferentes concentrações de óleos e resinas (*pellets* tipo 90 e enriquecidos) e em que os ácidos- α sofreram isomerização química (*pellets* isomerizados). A utilização destes últimos tem como vantagem a principal a redução do tempo da operação de ebulição e consequentemente uma redução nos custos energéticos do fabrico de cerveja. A intensidade de amargor das cervejas vem mais aumentado devido ao elevado teor de iso- α -ácidos.

Na produção de extratos, o lúpulo é misturado em solventes (etanol, dióxido de carbono líquido ou supercrítico) para que seja feita a dissolução completa das resinas e dos óleos. Posteriormente à dissolução é feita a concentração por evaporação do solvente até uma extensão pretendida, obtendo-se um extrato líquido. O solvente é recuperado para ser utilizado em novas operações de extração. No mercado estão disponíveis extratos de lúpulo no estado líquido, em pó, e isomerizados (KUNZE, 1999).

2.4.2.5. Levedura

A levedura é um fungo unicelular capaz de produzir a energia que necessita para viver quer na presença de oxigénio (i.e. por respiração), quer na ausência deste gás através da operação de fermentação. Na respiração, os açúcares presentes no meio (e.g. mosto cervejeiro) são degradados através de uma série de reações bioquímicas catalisadas por enzimas em dióxido de carbono e água. Por outro lado, pela fermentação os açúcares são convertidos em dióxido de carbono e etanol.

O crescimento das leveduras passa por seis fases distintas: latência, aceleração, crescimento exponencial, desaceleração, estacionária, e de declínio. A fase de latência é o período no qual ocorre a ativação do metabolismo da levedura, terminando com a primeira divisão celular. Durante a fase de aceleração, a velocidade de divisão aumenta continuamente até atingir um valor máximo que se mantém durante a fase seguinte, na qual a taxa de crescimento segue uma lei exponencial. Na fase de crescimento exponencial, o tempo de duplicação da população de leveduras (tempo de geração) é mínimo. A redução da disponibilidade de nutrientes no meio e o aumento na quantidade de produtos do metabolismo exerce uma ação retardadora do crescimento característico da fase de desaceleração. Na fase estacionária o número de células permanece constante, uma vez que se encontra estabelecido um equilíbrio entre a taxa de divisão celular e a taxa de mortalidade. No instante em que a taxa de morte celular excede a taxa de divisão celular dá-se início à fase de declínio, na qual se verifica uma redução constante no número de células em solução.

A duração de cada uma destas fases é influenciada pelo substrato (teor em água, pH, concentração de oxigénio dissolvido e nutrientes), pela temperatura e pelo estado fisiológico das células. O crescimento de leveduras requer substratos ácidos constituídos por pelo menos 15% de água, saturados em oxigénio e contendo todos os nutrientes necessários. A temperatura deve estar compreendida entre 0 e 40°C, para os valores de temperatura ótima (entre 25 e 30°C) conseguem-se reduções na duração da fase de latência e no tempo de geração. O estado fisiológico ditado pela idade e estado nutricional determinam essencialmente a duração da fase de latência.

Quando uma cultura de células de levedura na fase exponencial são transferidas para um substrato fresco (e.g. mosto cervejeiro arrefecido após ebulição) verifica-se uma ativação mais rápida do metabolismo (i.e., uma fase de latência mais curta), iniciando-se a fermentação mais rapidamente.

As leveduras utilizadas no fabrico da cerveja pertencem ao género *Saccharomyces*. De acordo com o modo como realizam a fermentação, podem dividir-se em leveduras de alta e de baixa fermentação das quais são exemplos as espécies *S. cerevisiae* e *S. carlbergensis*, respetivamente. Esta classificação serve também de orientação para distinguir as duas grandes famílias de cervejas. Os dois tipos de leveduras podem ser distinguidos por um conjunto de características como a morfologia, o comportamento e desempenho da fermentação, e a capacidade floculante.

As leveduras de alta fermentação (figura 2.9) ocorrem na forma de cadeias ramificadas de células, dado que as células mãe e filha permanecem ligadas uma à outra por longos períodos após a reprodução celular. Durante a fermentação, que se realiza a temperaturas entre 14 e 25°C, as

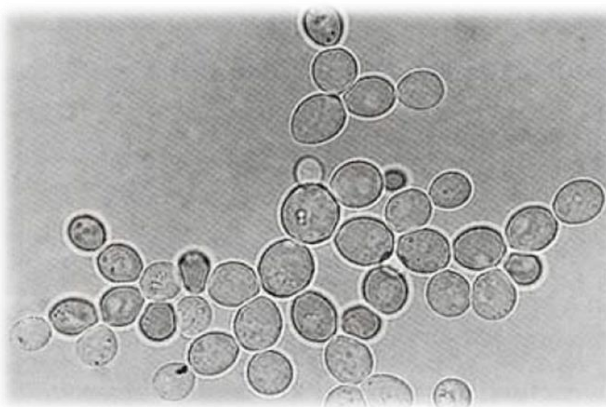


Figura 2.9 - Leveduras de alta fermentação (Ampliado 1000x)
(KUNZE, 1999)

cadeias de células migram para a superfície do mosto onde se encontram no final desta operação. Com o tempo tendem a depositar-se no fundo do mosto tal como as leveduras de baixa fermentação, embora mais tardiamente. Dado que este tipo de levedura apresenta um metabolismo aeróbio mais desenvolvido, no final da fermentação o número de células é superior ao de células de levedura de baixa fermentação.

As leveduras de baixa fermentação (figura 2.10) ocorrem quase exclusivamente na forma de células isoladas ou em pares de células. Durante a fermentação, que se realiza a temperaturas mais baixas, entre 4 e 12°C, as células migram para o fundo do mosto onde permanecem após o final da operação. O tempo de migração depende da capacidade floculante da espécie

de levedura. As células de algumas leveduras de baixa fermentação tendem a aglutinar-se formando, em pouco tempo, flocos que, devido à sua maior dimensão, precipitam mais rapidamente do que as células de leveduras que permanecem mais finamente divididas no mosto. As leveduras com maior capacidade



Figura 2.10 - Levedura de baixa fermentação (Ampliado 1000x)
(KUNZE, 1999)

floculante tendem a produzir cervejas mais claras e menos fermentadas. Por outro lado, as leveduras de baixa fermentação com menor capacidade floculante e as leveduras de alta fermentação dão origem a cervejas mais turvas e com um elevado grau de atenuação, i.e. mais secas e alcoólicas. Outra característica diferenciadora deste tipo de leveduras é a capacidade de fermentar totalmente a rafinose presente no mosto.

Importa referir que para além do álcool e do dióxido de carbono, são produzidos na operação de fermentação produtos secundários capazes de influenciar o sabor e aroma da cerveja. É o caso dos diacetilos, dos aldeídos e de compostos de enxofre que dão à cerveja sabores e aromas sujos, pouco maduros ou pouco balanceados, prejudicando a sua qualidade. Estes produtos podem, no entanto ser removidos bioquimicamente da bebida durante a etapa de maturação. Pelo contrário, os álcoois com mais de dois carbonos e os ésteres são produtos secundários cuja presença, dentro de determinados valores, constitui um requisito necessário para uma cerveja madura de qualidade. Uma vez na cerveja, estes produtos não podem ser removidos através de processos normais de produção cervejeira.

É importante impedir a ocorrência de contaminações do mosto com outros microrganismos incluindo leveduras de outros géneros ou espécies. Estas leveduras conhecidas como “leveduras selvagens” são introduzidas principalmente através das matérias-primas, e constituem um problema uma vez que podem gerar sabores, aromas e turvações indesejadas na cerveja (KUNZE, 1999).

2.4.3. Estilos de cerveja

A maioria das cervejas resulta de uma receita que tem apenas por ingredientes água, malte, levedura e lúpulo. No entanto, as variedades de cada ingrediente, a maneira como estes são misturados, e as técnicas implicadas na produção da cerveja determinam sabores distintivos e características bastante diversas. Estas diferenças permitem definir estilos de cerveja (FERNANDES, 2015).

Os estilos de cerveja podem organizar-se em duas grandes famílias, definidas de acordo com o tipo de levedura utilizada e a temperatura a que se desenvolve. É o caso das cervejas de alta fermentação e baixa fermentação.

A família da alta fermentação agrupa as cervejas conhecidas genericamente por *ales*, produzidas a partir de leveduras que realizam a fermentação à superfície do mosto a temperaturas mais elevadas, durante pelo menos sete dias. Estas cervejas caracterizam-se pela sua maior presença de malte e amplitude de sabor, predominando aromas frutados ou de especiarias e constituições complexas ou robustas.

A família de baixa fermentação agrupa as cervejas cuja fermentação decorre no fundo do mosto a temperaturas baixas, durante três a quatro semanas. São cervejas geralmente mais leves, douradas brilhantes, refrescantes e carbonatadas, com sabor mais lupulado, suave e completo. Historicamente, os cervejeiros produziam estas cervejas exclusivamente nos meses de inverno e armazenavam-nas em ambientes frios durante o verão. O armazenamento denominado *laggering* acabou por dar-lhes a designação pela qual são conhecidas (FERNANDES, 2015).

As cervejas de fermentação espontânea derivam das cervejas de alta fermentação já que as leveduras também operam na superfície do mosto e a temperaturas semelhantes. No entanto, o tempo requerido de fermentação é bastante mais longo, sendo necessários um a três anos. Além disso, e contrariamente às cervejas de alta e baixa fermentação, não é feita sementeira, ou seja as leveduras provêm naturalmente do ambiente, habitando as superfícies dos utensílios ou sendo trazidas pelo ar. É o caso das *Lambic*, com

sabores ácidos, vínicos e secos, obtidos a partir de leveduras selvagens que circulam no ar.

A figura 2.11 organiza de forma simplificada os estilos de cerveja tendo em conta o grau de proximidade relativamente a cada família. Verifica-se cada vez mais o aparecimento de novos estilos com características comuns a ambas as famílias. É o caso da *Baltic porter*, uma *ale* produzida com levedura *lager*, ou a *Cream ale*, finalizada com levedura *lager* (FERNANDES, 2015).

2.4.4. Características da cerveja

Na tabela 2.7 encontram-se definidas algumas características de qualidade relevantes que permitem classificar as cervejas quanto ao estilo e tipo.

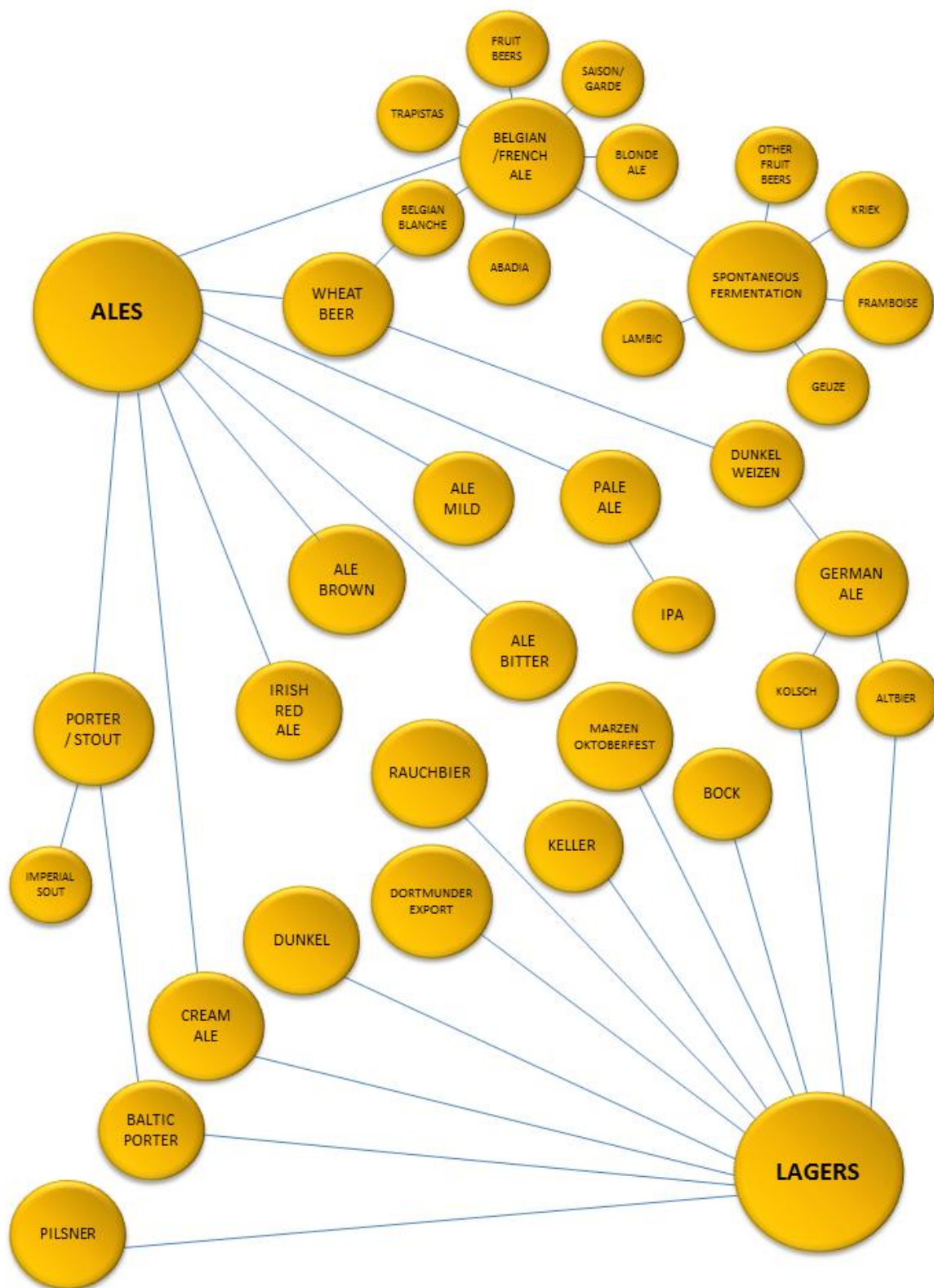


Figura 2.11 - Principais famílias de estilos de cerveja (adaptado de FERNANDES, 2015)

Tabela 2.7 - Características de qualidade da cerveja

Propriedade	Definição
Extrato	O extrato primitivo é uma medida em graus Plato (°P), da concentração (%m/m) de sólidos (e.g. açúcares, dextrinas, proteínas) presentes no mosto antes da fermentação. O extrato (em °P) está relacionado matematicamente com a gravidade específica (i.e. densidade do mosto em relação à densidade da água), pelo que a sua determinação pode ser feita recorrendo a um densímetro com escala em gravidade específica ou em graus Plato. A determinação do extrato primitivo é essencial para classificar uma cerveja quanto ao tipo. Na cerveja (i.e., após a fermentação do mosto), o extrato medido é denominado de extrato aparente, porque a presença de álcool (que é menos denso que a água) provoca erros na medição daquela propriedade. O extrato real corresponde ao extrato corrigindo o efeito devido ao álcool (ROSA, 2016).
Atenuação	Traduz a extensão da fermentação pelas leveduras dos açúcares em álcool e dióxido de carbono, com base na medição dos extratos do mosto não fermentado e do mosto fermentado. Ao longo da fermentação o extrato do mosto vai diminuindo até estabilizar num valor de extrato final (aparente ou real). A atenuação aparente e real corresponde, respetivamente à percentagem de redução do extrato primitivo para o extrato final aparente, e do extrato primitivo para o extrato final real (ROSA, 2016).
Teor alcoólico	Valor de etanol expresso em percentagem de volume (%vol) que resulta da fermentação de açúcares pela levedura (BEERADVOCATE, 2016). Esta propriedade encontra-se relacionada matematicamente com o extrato primitivo, o extrato final real e a gravidade específica final aparente. A determinação do teor alcoólico é essencial para classificar uma cerveja quanto ao tipo (ROSA, 2016).
Amargor	Depende fundamentalmente da quantidade e tipo de lúpulo utilizado pois é devida à presença de iso- α -ácidos provenientes daquela matéria-prima (BEERADVOCATE, 2016). Permite a classificação das cervejas quanto ao estilo devendo, para tal, utilizar-se a escala de IBU que associa uma gama de unidades de amargor ao estilo de cerveja. Quanto maior o valor de IBU, mais amarga é a cerveja (FERNANDES, 2015).
Coloração	Depende quase exclusivamente do malte utilizado, do seu grau de secagem e torrefação. O espectro de cor abrange tons que vão do pálido branco ao dourado, vermelho, castanho ou castanho-escuro até chegar a negro. Permite a classificação das cervejas quanto ao estilo devendo, para tal, utilizar-se as escalas de classificação desenvolvidas pela EBC ou SMR que associam um valor ao estilo de cerveja. Quanto maior o valor mais escura é a cerveja (FERNANDES, 2015).
Carbonatação	Quantidade de dióxido de carbono, expressa geralmente em g/L, que se encontra dissolvido na cerveja, resultante da operação de fermentação ou da adição física deste gás na etapa de ajuste (BEERADVOCATE, 2016).
Espuma	Aglomerado de bolhas de dióxido de carbono envoltas em películas de proteínas provenientes sobretudo dos maltes e dos adjuntos (UNICER, 2016).
Aroma/gosto	É devido à presença de compostos voláteis cuja composição e concentração dependem das matérias-primas, do processo de fabrico e da estirpe de levedura utilizada (UNICER, 2016).
Corpo	O corpo e sensação bucal (<i>mouthfeel</i>) permitem descrever o modo como a cerveja estimula o palato. Enquanto a sensação bucal se refere a sensações físicas (e.g. adstringência, carbonatação, calor pelo álcool), o corpo é determinado diretamente pelos níveis de dextrina e de compostos azotados de baixo peso molecular resultantes da decomposição de proteínas da cevada. Os níveis de dextrina dependem, entre outros fatores, das temperaturas de sacarificação, a utilização de adjuntos e do tipo de leveduras, enquanto os níveis de proteínas dependem dos tempos de estabilização a frio. O corpo de uma cerveja pode ser descrito desde “aguado”/“descaracterizado” até “saciante”/“espesso”/“encorpado” (BJCP, 2016).

2.4.5. Tipos de cerveja

As cervejas podem ser classificadas com base no teor alcoólico (TA), extrato primitivo (EP) e eventualmente no modo de fermentação. Pela Portaria n.º 1/96 são reconhecidos os seguintes tipos de cerveja: “sem álcool” ($TA \leq 0,5\%$ vol); “com baixo teor alcoólico” ($0,5\% < TA \leq 1,2\%$ vol.); “corrente” ($TA > 1,2\%$ vol. e $EP < 13^\circ$); “especial” ($TA > 1,2\%$ vol. e $13^\circ < EP \leq 15^\circ$); “extra” ($TA > 1,2\%$ vol. e $EP > 15^\circ$). Adicionalmente, segundo esta Portaria, a “cerveja de fermentação láctica” é definida como a cerveja “que sofreu uma fermentação láctica no decurso do seu processo de produção” e a “cerveja refermentada em garrafa» como a cerveja “que sofreu uma refermentação na garrafa, por adição de levedura apropriada e acondicionamento adequado”. As cervejas poderão ainda ser adicionadas de frutos, produtos hortícolas ou plantas aromáticas, ou dos respetivos sumos, concentrados ou extratos, até ao máximo de 10% em volume do produto final, bem como dos aromas legalmente autorizados.

2.4.6. Processo de fabrico de cerveja

O processo de fabrico das cervejas consiste numa sequência de passos ou etapas gerais, independentes da escala de produção, do estilo e tipo de cerveja pretendido. De seguida é feita uma descrição geral do processo. O diagrama de fluxo é apresentado na figura 2.12.

2.4.6.1. Moagem

Nesta etapa os grãos de malte são moídos num moinho de martelos até se obter uma farinha grosseira (o *grist*) da qual também fazem parte as

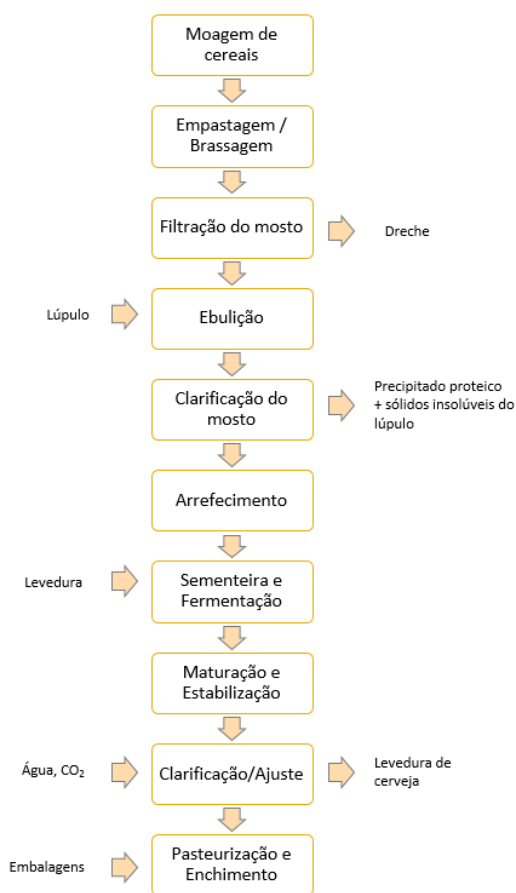


Figura 2.12 - Diagrama de fluxo de fabrico de cerveja

cascas do cereal. A moagem tem por objetivo reduzir o tamanho dos grãos e assim aumentar a superfície de contacto entre o malte e a água. Desta forma facilita-se a extração e a conversão enzimática dos componentes do malte que ocorrem durante a operação seguinte de empastagem (FERNANDES, 2015). Após a moagem é feita a pesagem da quantidade de *grist* a utilizar no processo. Os cereais não maltados são habitualmente aprovisionados com um grau de moagem adequado (UNICER, 2016d), estando em condições de serem utilizados após pesagem. Mas se tal não se verificar, são também sujeitos nesta fase a uma operação de redução de tamanho.

2.4.6.2. Brassagem

A operação de brassagem engloba as transformações que ocorrem quer na caldeira de empastagem quer na caldeira de caldas.

Na caldeira de caldas, os cereais adjuntos são despejados e misturados com água quente (até 100°C) e uma fração de malte. A temperatura da água deve ser suficiente para favorecer a gelatinização dos amidos. A adição de malte tem por objetivo fornecer as enzimas necessárias para decompor as cadeias de amido dos cereais adjuntos.

Na caldeira de empastagem, o malte moído é despejado e hidratado mediante a adição de água quente, e misturado com conteúdo transferido da caldeira de caldas (BOAVENTURA, 2009). O movimento lento das pás da caldeira de empastagem vai favorecer a extração e a ativação das enzimas do malte (formadas durante a maltagem) e o consequente desdobramento das moléculas de amido e de proteínas noutras mais simples, nomeadamente açúcares e aminoácidos (FERNANDES, 2015), que serão utilizadas no metabolismo fermentativo das leveduras. O modo como ocorre o ataque enzimático nesta operação vai ditar se é possível ou não a obtenção de um extrato com características adequadas para a produção de cerveja. É importante assegurar uma rápida e completa sacarificação dos amidos procedendo-se ao controlo da temperatura, do pH e do tempo da operação.

No final da brassagem, obtém-se um xarope com tons alaranjados e sabor doce, denominado mosto (UNICER, 2016d).

2.4.6.3. Filtração

Em suspensão no mosto encontra-se uma fase sólida (*dreche*) constituída por cascas de grãos, outras partículas sólidas, proteínas e lípidos, que deve ser removida por filtração para se evitarem problemas na fermentação e prejudicar a qualidade da cerveja produzida (HESPANHOL, 2010). Nesta operação é utilizado um filtro prensa ou uma cuba filtrante, no entanto as próprias cascas do malte auxiliam o processo ao atuarem como um coador natural. No final desta etapa, a fase sólida é passada por água para que se possa recuperar alguns açúcares que tenham ficado retidos (FERNANDES, 2015). Dado a riqueza nutricional, a *dreche* pode ser aproveitada para produtos de alimentação humana e animal (HESPANHOL, 2010).

2.4.6.4. Ebulição

O mosto diluído e filtrado é depois fervido numa caldeira de ebulição. O calor e a evaporação concentram e amplificam os sabores do mosto, inativam enzimas ativadas nas fases anteriores, e eliminam microrganismos indesejáveis capazes de interferir na operação de fermentação.

É também nesta fase que é adicionado o lúpulo. Os lúpulos amargos (mais ricos em resinas) são adicionados durante o processo com o objetivo de conferirem amargor; auxiliarem a esterilizar, conservar e clarificar o mosto; e favorecerem a formação de espumas na cerveja. Por ação do calor os seus componentes são solubilizados, em particular os α -ácidos que sofrem isomerização formando iso- α -ácidos que, na cerveja, são os principais compostos responsáveis pelo amargor característico. A reação das proteínas presentes no mosto com os polifenóis do lúpulo (e do malte) leva à formação de grandes flocos que serão removidos no passo seguinte de clarificação. A coagulação de proteínas de elevado peso molecular é necessária para que, no final, a cerveja se apresente com uma aparência brilhante e sabor adequado. No entanto, não deve ser excessiva já que algumas proteínas são importantes para a formação e retenção da espuma da cerveja e, no caso das que apresentam mais baixo peso molecular, são alimento para as leveduras na operação de fermentação.

Os lúpulos aromáticos são adicionados minutos antes de a caldeira ser desligada para se evitar a completa volatilização dos óleos constituintes, responsáveis pelos aromas pretendidos na cerveja (FERNANDES, 2015).

2.4.6.5. Clarificação do mosto

A clarificação é a etapa responsável por tornar o mosto num líquido límpido, livre de matérias em suspensão, que iriam causar efeitos negativos na fermentação e conferir características indesejadas à cerveja (RODRIGUES, 2011). Nestas matérias incluem-se os resíduos de lúpulo e de malte e as proteínas coaguladas (*trub*) (FERNANDES, 2015). A clarificação do mosto é realizada num tanque *whirlpool* pela ação da força centrípeta.

2.4.6.6. Arrefecimento

Antes de entrar nas cubas de fermentação, o mosto lupulado é arrefecido em permutadores de calor e transferido para tanques de propagação onde é oxigenado em condições estéreis para que seja favorecido o crescimento e desenvolvimento da levedura que lhe vai ser adicionada (UNICER, 2016d). O correto controlo da oxigenação do mosto frio é fundamental para se evitar problemas ao nível do aroma e sabor do produto final. A oxigenação pode ser efetuada com oxigénio ou com ar, consoante a geração da levedura que se vai utilizar no processo. Nesta etapa é também efetuada a correção do extrato primitivo do mosto caso o seu valor não se encontre dentro dos limites previamente estipulados (RODRIGUES, 2011).

2.4.6.7. Sementeira e fermentação

Ao mosto arrefecido e saturado em oxigénio é adicionado uma cultura de levedura previamente selecionada, sendo a operação conhecida como sementeira. A cultura selecionada e a quantidade dependem do estilo de cerveja que se pretende produzir (FERNANDES, 2015). A seleção da levedura tem em conta importantes parâmetros, como a atenuação que se refere à capacidade da levedura em fermentar os açúcares do mosto, a floculência que como o próprio nome indica diz respeito à capacidade de formar aglomerados e sedimentar, a

velocidade de multiplicação da levedura e, por último, a produção de aromáticos. A levedura escolhida é inicialmente propagada a nível laboratorial a partir de uma pequena amostra, e depois semeada nos tanques de propagação contendo o mosto (FERNANDES, 2012). A quantidade de levedura a semear deve ser a mais precisa possível, para que sejam evitados problemas como autólices e contaminações das células de levedura, fermentações mal conduzidas, e a geração de aromas inconvenientes (RODRIGUES, 2011). Após a sementeira, o mosto contido nos tanques de propagação é enviado para cubas cilindro-cónicas onde decorre a fermentação. Passado cerca de uma hora, o mosto em repouso entra em convulsão, dando-se início à operação de fermentação. Na fermentação, as leveduras alimentam-se dos açúcares do mosto, transformando-os em álcool, dióxido de carbono, voláteis e libertando energia térmica. O aumento de temperatura verificado obriga a utilização de sistemas de refrigeração de modo a manter a atividade fermentativa das leveduras. No final da operação, o mosto que ainda contém uma pequena quantidade de açúcares, passa a denominar-se por “cerveja verde” (FERNANDES, 2015).

A levedura é depois recuperada e reutilizada, geralmente até um máximo de sete gerações. Também o dióxido de carbono produzido é recuperado, limpo e armazenado em estado líquido para posterior utilização na carbonatação da cerveja, na contrapressão de tanques, nas enchedoras ou barris (FERNANDES, 2012).

2.4.6.8. Maturação e estabilização

A maturação corresponde à operação pela qual a “cerveja verde” é mantida em repouso a temperaturas controladas durante um período que pode abranger semanas, meses ou anos, dependendo do estilo de cerveja, da cultura de levedura, entre outras variáveis. Pretende-se com a maturação que haja uma remoção de compostos voláteis resultantes do metabolismo da levedura que podem comprometer o aroma e sabor desejado da cerveja (FERNANDES, 2015). Nestes compostos voláteis incluem-se cetonas (e.g. diacetilo), aldeídos e compostos de enxofre.

A manutenção da cerveja a temperaturas entre 0 e -2°C permite que esta estabilize coloidalmente (UNICER, 2016d), ou seja adquira e preserve as características finais pretendidas, nomeadamente a aparência, o aroma e o sabor. Pretende-se na etapa de estabilização a frio, a eliminação das substâncias (coloides) que provocam o aparecimento de turvações na cerveja. É o caso das proteínas ricas em prolina e dos polifenóis provenientes do malte que, àquelas temperaturas, aglomeram-se e precipitam, depositando-se no fundo do tanque de fermentação (BOAVENTURA, 2009).

2.4.6.9. Clarificação da cerveja

A cerveja maturada e estabilizada é submetida a uma operação de clarificação por filtração, de modo que sejam eliminados os elementos em suspensão que provocam turvação na bebida (UNICER, 2016d), nomeadamente células de levedura e os complexos de tanino-proteicos precipitados durante a etapa de estabilização coloidal. Este passo não é realizado na produção de cervejas do estilo *Lambic* (de fermentação espontânea) ou de cervejas de refermentação em garrafa (FERNANDES, 2015).

Nesta operação, a cerveja turva percorre um conjunto de equipamentos de uma linha de filtração até ser transformada em cerveja límpida. Ao sair das cubas cilindro-cónicas onde ocorreram as etapas de fermentação, maturação e estabilização, a cerveja inicia o seu percurso na linha de filtração com uma operação de centrifugação para que sejam removidos restos de levedura em suspensão e, desta forma, facilitar a filtração. O elemento seguinte da linha corresponde ao filtro de *kieselguhr*, que é constituído por placas (verticais ou horizontais) sobre as quais é previamente depositada uma suspensão de um meio filtrante, o *kieselguhr* (ou terra de diatomáceas). A suspensão de *kieselghur* corresponde a uma mistura daquele meio filtrante com água desarejada (e eventualmente carbonatada), mantida homogénea pela ação de um agitador que, em funcionamento, não deverá favorecer a incorporação de ar com intuito de evitar a dissolução de oxigénio na cerveja. Esta suspensão é alimentada ao filtro começando a depositar-se uma camada sobre as placas do filtro, dando origem ao leito filtrante ou pré-camadas. Quando a cerveja entra no filtro de *kieselguhr*, as proteínas e as células de levedura que ainda se encontrem em

suspensão são retidas no leito filtrante, enquanto a fase filtrada prossegue para o equipamento seguinte, o filtro de placas de PVPP, cuja função é remover os polifenóis originários do lúpulo, utilizando como meio de filtração a poli-vinil-poli-pirrolidona. Este meio é adicionado à cerveja após a saída desta do filtro de *kieselguhr*. Após a passagem no filtro PVPP são adicionados à cerveja aditivos como o amargor (lúpulo), extrato de malte para o acerto da coloração e o KMS (metabissulfito de potássio), cuja função é captar o oxigénio que possa ter entrado na linha de filtração (RODRIGUES, 2011). É também nesta altura da operação de filtração que se procede às correções do dióxido de carbono e à diluição com água, de acordo com as especificações pretendidas do produto final (FERNANDES, 2012). No final da linha de filtração, a cerveja é encaminhada através de filtros *Trap*, com o objetivo de refinar a operação de clarificação uma vez que são filtros capazes de realizar uma filtração rigorosa e de remover todos os microrganismos da cerveja (RODRIGUES, 2011).

2.4.6.10. Pasteurização

A cerveja clarificada segue para tanques específicos (Tanques de Cerveja Filtrada, ou TCF), onde permanece até à realização das operações de enchimento e pasteurização. Podem ocorrer duas situações: a cerveja dos TCF é conduzida para a linha de enchimento de garrafas ou latas seguindo-se a pasteurização “túnel”, ou a cerveja é primeiro submetida a uma pasteurização *flash*, seguindo-se o enchimento em barris (FERNANDES, 2015).

2.4.6.11. Enchimento

Tal como nos refrigerantes carbonatados, o enchimento de cervejas é feito em contrapressão com dióxido de carbono de modo a evitar-se a formação de espuma e a expulsar o oxigénio contido na embalagem, que é responsável pela deterioração do produto quer ao nível físico-químico (oxidação dos componentes) quer ao nível microbiológico (proliferação de microrganismos contaminantes). Uma vez capsuladas, as garrafas são rotuladas e colocadas em grades, caixas ou tabuleiros, e os barris tamponados, etiquetados e metidos em paletes, estando prontos para comercializar (FERNANDES, 2012).

2.5. Higienização de equipamentos

Na indústria alimentar e de bebidas, a limpeza e a desinfecção são operações indispensáveis para uma adequada higienização, capaz de garantir a qualidade, durabilidade (*shelf life*) e segurança dos produtos fabricados. Estas operações têm como objetivo a eliminação de substâncias e microrganismos presentes nos equipamentos de fabrico, que são capazes de alterar o produto final, deteriorando-o e/ou prejudicando a saúde do consumidor. Os elementos indesejáveis podem agrupar-se quanto à sua natureza em inorgânicos (e.g. ferrugem, poeiras, fragmentos de vidro ou de metal) e orgânicos (e.g. resíduos de matérias-primas, de produto ou de agentes de limpeza/desinfetantes; bactérias, leveduras e bolores) (EßLINGER, 2006).

2.5.1. Limpeza

A operação de limpeza visa a remoção dos elementos indesejáveis presentes nas superfícies dos equipamentos necessários ao processamento, e utiliza agentes de limpeza. Os fatores que contribuem para o sucesso desta operação são o tipo e concentração do agente de limpeza, a temperatura, o tempo e a mecânica da operação.

A escolha do agente de limpeza mais adequado implica o cumprimento de alguns requisitos. Este deve solubilizar-se rápida e completamente em água, ser eficaz na remoção e no transporte das partículas, ser facilmente enxaguado, não formar espumas, e ser compatível com os materiais dos equipamentos. A concentração do agente de limpeza deve ser determinada por titulação ou condutimetria. Quanto à natureza, os agentes de limpeza podem ser neutros, alcalinos ou ácidos. Os agentes alcalinos são mais úteis na remoção de compostos orgânicos insolúveis em água, já que estes tendem a reagir quimicamente com o agente formando partículas solúveis. Os mais utilizados são os hidróxidos de sódio e de potássio. O hidróxido de potássio tem uma capacidade de limpeza superior no entanto é dispendioso, pelo que a sua utilização é limitada. Os agentes ácidos auxiliam a remoção de compostos inorgânicos pouco solúveis em água, já que estes são transformados quimicamente em sais solúveis. O ácido fosfórico é o agente ácido mais

utilizado devido ao seu elevado poder de limpeza, e ao fato de não atacar o aço inoxidável dos equipamentos. Este agente pode ser utilizado na forma de mistura com surfatantes e outros ácidos como o ácido nítrico que apresenta uma melhor capacidade de remoção de depósitos minerais. Os agentes neutros são utilizados quando os elementos presentes nas superfícies dos equipamentos são muito solúveis em água, facilmente dispersantes ou emulsionantes.

A temperatura utilizada na operação de limpeza depende de diversos fatores entre os quais o tipo e natureza do agente de adulteração do produto.

A mecânica da operação de limpeza diz respeito às condições físicas em que esta se processa, nomeadamente a pressão (mínimo de 3-5 bar), o volume e velocidade do escoamento (mínimo de 3-4 m/s).

Dentro de certos limites, o tempo de limpeza, a temperatura, a mecânica da operação, a natureza e concentração do agente podem ser manipulados de modo a compensarem-se entre si. Por exemplo, para compensar uma baixa temperatura de fluido de limpeza pode-se aumentar a concentração do agente de limpeza e/ou a sua velocidade de escoamento (EßLINGER, 2006).

2.5.2. Desinfecção

A operação de desinfecção tem por objetivo evitar a contaminação biológica do produto eliminando os microrganismos capazes de provocar a sua deterioração e, eventualmente prejudicar a saúde do consumidor. A desinfecção deve realizar-se depois da operação de lavagem, dado que a sua eficiência é afetada pela presença de depósitos de sujidade e de outras irregularidades (e.g. rugosidades) nas superfícies a desinfetar.

Consoante a metodologia aplicada, esta operação poder ser feita fisicamente e/ou quimicamente. A desinfecção física é levada a cabo com aquecimento, irradiação (com raios X ou UV), ou outros métodos físicos. A desinfecção química utiliza agentes químicos que devem obedecer tanto quanto possível a uma série de critérios: devem ser eficazes contra uma larga gama de microrganismos e a várias temperaturas; facilmente enxaguados; apresentarem compatibilidade com o material dos equipamentos; não apresentar toxicidade; serem amigos do ambiente e economicamente viáveis. As substâncias

desinfetantes mais utilizadas, que são aquelas contendo cloro ativo (e.g. hipoclorito de sódio), as que são oxidantes, como os aldeídos, as biguanidas, os compostos de amónia quaternários, dióxido de cloro, ácidos carboxílicos halogenados (EßLINGER, 2006)

Os sistemas atualmente disponíveis para uma higienização sistemática dos equipamentos, circuitos e instalações são o COP (*clean-off-place*) e o CIP (*clean-in-place*). No COP, a higienização consiste numa operação de limpeza (manual, semiautomática ou automática) que utiliza uma espuma mecânica aplicada ao exterior dos equipamentos, a transportadores e a pavimentos; seguindo-se a desinfecção por aspersão com um desinfetante. No CIP, a higienização faz-se por circulação automática e sequencial de água para enxaguamento, agentes de limpeza e desinfetantes no interior dos circuitos, tanques e equipamentos (não desmantelados) que estão em contacto com o produto, sob condições definidas de temperatura, pressão e concentração. As operações de limpeza e desinfecção que compõem um programa CIP são controladas por um painel central computadorizado de operações (autómato). Para se garantir a eficácia do programa de CIP deverá proceder-se à monitorização dos parâmetros importantes do programa relativos aos agentes utilizados, nomeadamente a temperatura, a condutividade (ou concentração) e o caudal. Adicionalmente, deverão ser realizadas análises laboratoriais à concentração dos agentes nas soluções de limpeza e desinfecção; ao pH, teor de matéria orgânica, presença de microrganismos, detergente ou desinfetante nas águas de enxaguamento finais; entre outros (FERNANDES, 2012).

2.6. Pensamento *Lean*

Genericamente o conceito *Lean* (que em português significa “magro”) surgiu da interpretação realizada por James Womak e Daniel Jones, do sistema de produção da Toyota denominado *Toyota Production System* (TPS) (MOREIRA, 2011). O TPS teve a sua origem no período pós-2.^a Guerra Mundial, caracterizado por uma falta de recursos financeiros, materiais e humanos, tendo sido desenvolvido com o objetivo de adaptar a produção em massa que se realizava na altura, de modo a reduzir custos e tempos de processamento e

aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos. O sistema TPS procurava assim eliminar desperdícios aplicando duas metodologias *Just in Time* e *Jidoka*. Segundo a metodologia JIT o objetivo era produzir a quantidade ideal de produto acabado no momento certo, recorrendo às matérias-primas estritamente necessárias. A metodologia *Jidoka* está relacionada com a automatização dos processos, de modo a permitir um maior rendimento e controlo nos processos e, conseqüentemente, uma redução do número de produtos defeituosos (SÁ, 2013). O Pensamento *Lean* é assim uma metodologia empresarial que procura criar valor e eliminar desperdícios, ou seja “fazer cada vez mais com cada vez menos”, baseando-se numa série de princípios (MOREIRA, 2011).

2.6.1. Princípios

Segundo Womack e Jones são cinco os princípios que estão na base do Pensamento *Lean* de seguida enumerados.

Especificar Valor para cada produto com base nas necessidades do cliente e do quanto este estaria disposto a pagar. O lucro da empresa é definido a partir deste valor e do “custo alvo” determinado após a análise de todas as etapas de produção com e eliminação dos respetivos desperdícios inerentes (MOREIRA, 2011) (SÁ, 2013).

Identificar a Cadeia de Valor para cada produto, ou seja conhecer o conjunto de atividades que irão efetivamente acrescentar o valor pretendido ao produto final. Estas atividades compõem as etapas de três componentes fundamentais de qualquer negócio, nomeadamente a solução de problemas que surgem desde a conceção até ao lançamento do produto; a gestão da informação desde a receção do pedido até à sua entrega; e a transformação física desde a matéria-prima ao produto acabado. Reconhecer bem estas atividades é de extrema importância para diferenciar aquelas que, efetivamente, acrescentam valor das que apenas causam desperdício (SÁ, 2013).

Fazer o Fluxo de valor acontecer sem interrupções, ou seja, encontrar a sequência ideal e contínua de etapas de um processo de modo a produzir-se as quantidades estritamente necessárias no momento em que são necessárias.

Estabelecer uma produção “pull”, ou seja, um sistema de produção de acordo com a procura, produzindo-se aquilo que o cliente necessita, na altura em que precisa e nas quantidades que este encomendou. Neste sistema, é o cliente que “puxa” e não o produtor que “empurra” a produção, o que permite a eliminação de *stocks* de produto acabado, maior produtividade e melhor resposta às solicitações do cliente.

Perseguir a Perfeição, já que ao intensificar a aplicação dos princípios anteriores de forma interativa surgem novos desperdícios e obstáculos ao fluxo de valor que constituem oportunidades de melhoria. As empresas têm ao seu dispor uma série de ferramentas de melhoria contínua de eficiência e eficácia com vista à perfeição.

Estes princípios consideram apenas a cadeia de valor do cliente, esquecendo o envolvimento de outras partes intervenientes ou interessadas (*Stakeholders*), nomeadamente colaboradores, investidores, fornecedores, etc. Frequentemente, as organizações nos esforços para reduzir desperdícios, que por vezes se traduzem em despedimentos, esquecem a sua missão e o seu propósito de criar valor para as partes interessadas. Como tal, a Comunidade *Lean Thinking* sugeriu a adoção de mais dois princípios: “Conhecer os *Stakeholders*” e “Inovar Sempre”, que visam servir os interesses e necessidades das partes interessadas, e a obtenção de sucessos através de novas ideias (e.g. aceder a novos mercados, aumentar as margens de lucro, etc.) (MOREIRA, 2011).

2.6.2. Desperdícios

A aplicação dos princípios anteriormente enumerados é o ponto de partida para a consolidação do Pensamento *Lean* que permitirá às organizações criar valor e reduzir ou mesmo eliminar os diversos tipos de desperdícios ligados à produção. O desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto durante o fluxo de produção. Segundo Womack e Jones são sete os tipos de desperdícios de seguida descritos com base na sua proveniência.

Produtos defeituosos definem-se como sendo produtos que não se encontram de acordo com as especificações de qualidade exigidas. O seu aparecimento tem como consequência o desperdício de matérias-primas, mão-de-obra e o desgaste de equipamentos. Para reduzir este tipo de desperdício deverá ser necessário desenvolver um sistema que permita a sua deteção o mais cedo possível no processo produtivo.

Tempo de espera, que está relacionado com o tempo em que pessoas ou máquinas estão paradas à espera de realizar a sua tarefa. Pode ter origem em avarias, falta de material, falta de autonomia dos trabalhadores ou atrasos ocorridos em etapas anteriores do processo (SÁ, 2013).

Excesso de movimento, que se refere aos movimentos excessivos dos operários ou dos equipamentos para a execução das tarefas do processo. Este desperdício está diretamente ligado à má organização de espaço e das ferramentas de trabalho (AIRO, 2016). Os movimentos desnecessários podem ser resolvidos com redefinição e organização do espaço de trabalho (SÁ, 2013).

Sobreprodução, ou seja, fazer o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias, para os produtos serem requisitados no futuro (MOREIRA, 2011). Pode ter origem em elevados tempos de preparação do equipamento, incerteza relativamente ao produto produzido ou, simplesmente num erro de planeamento. Este é considerado o pior dos desperdícios pois implica a utilização desnecessária de matérias-primas, equipamento e mão-de-obra (SÁ, 2013).

Transporte, ou seja o movimento e transporte desnecessário de materiais ou produtos (AIRO, 2016). Apesar do transporte ser uma atividade necessária e por vezes imprescindível, não acrescenta qualquer valor ao produto pelo que deve ser minimizada (SÁ, 2013). Geralmente este desperdício tem origem num fluxo de trabalho pobre, má disposição do processo e desorganização das zonas de trabalho (AIRO, 2016).

Processamento incorreto ou inapropriado, ou seja a realização de operações que por serem desnecessárias (e.g. excesso de etapas de processamento) ou desatualizadas (e.g. equipamento desatualizado) poderiam ser substituídas por outras mais eficientes e eficazes (SÁ, 2013).

Excesso de stock, ou seja, excesso de matérias-primas, produto que ainda se encontra em processamento ou produto acabado que fica parado à espera de serem conduzidas à próxima etapa do processo, não lhe sendo acrescentado qualquer tipo de valor durante o tempo de espera (SÁ, 2013). Está diretamente relacionado com a sobreprodução e com o processamento inapropriado. Dificulta o fluxo contínuo do produto e resulta na utilização de espaço de armazenamento, que poderia ser usado como espaço “produtivo” (AIRO, 2016).

2.6.3. Ferramentas

Uma série de técnicas e ferramentas de aplicação do sistema de Pensamento *Lean* estão disponíveis com vista ao melhoramento do fluxo de produção, à adoção de ações que criam valor e tornam os processos mais eficazes e rentáveis (MOREIRA, 2011). Na UNICER, duas das ferramentas mais utilizadas são a 5S e o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA).

2.6.3.1. “5 S”

A ferramenta “5S” tem como principais objetivos melhorar a qualidade dos produtos, do ambiente de trabalho e qualidade de vida dos funcionários; maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis; reduzir gastos e desperdícios; otimizar o espaço físico; reduzir e prevenir acidentes; melhorar as relações humanas e aumentar a autoestima dos funcionários (MOREIRA, 2011). Esta ferramenta deve o seu nome à sequência de cinco princípios ou sentidos, cujas palavras japonesas se iniciam com a letra “S”:

SEIRI (ou “sentido de Utilização”) que consiste em separar e classificar os objetos com base na sua utilidade eliminando os que são desnecessários. Tudo o que é desnecessário deve ser reformado, vendido ou eliminado pois ocupa espaço necessário e atrapalha o trabalho.

SEITON (ou “sentido de Arrumação”) que consiste em identificar e arrumar tudo de modo a que qualquer pessoa possa localizar facilmente o que precisa. Consoante a utilidade os objetos serão colocados nos locais mais apropriados, e.g. os mais utilizados mais próximo do local de trabalho, e os restantes num

local mais afastado. Devem ser utilizados rótulos e cores vivas padronizados para identificar os objetos. Pontos críticos (e.g. extintores, locais de alta voltagem) devem ser facilmente identificados.

SEISO (ou “sentido de limpeza”) que consiste em manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas de sujidade e aprender a não sujar. Um ambiente limpo favorece a qualidade e segurança e fortalece a imagem (interna e externa) da empresa.

SEIKETSU (ou “sentido de Saúde e Higiene) que consiste em manter um ambiente de trabalho sempre favorável à saúde, limpeza e ordem. Entre outras medidas, é importa capacitar as equipas de trabalho para avaliarem se os conceitos anteriores estão a ser aplicados, e difundir material educativo sobre a saúde e higiene.

SHITSUKE (ou “sentido de autodisciplina”) que consiste em fazer do 5S um hábito, consciencializando de todos os membros das equipas de trabalho, e periodicamente aplicar esta ferramenta para avaliar os avanços (MOREIRA, 2011).

2.6.3.2. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA corresponde a uma sequência cíclica de quatro passos essenciais à resolução de problemas ou ao alcance de metas, perspetivando a melhoria contínua. Os problemas são definidos como tudo aquilo que impede a obtenção dos resultados esperados ou das metas. As metas podem ser de dois tipos: as “metas padrão”, que são aquelas que devem ser mantidas ao longo do tempo (e.g. custo, qualidade, prazo); e as “metas a melhorar” como é exemplo a redução de desperdícios e o aumento de produtividade. Os passos que compõem esta ferramenta são o planeamento (*Plan*), que visa identificar um problema ou estabelecer uma meta e elaborar um plano de ação; a execução (*Do*) das atividades conforme o plano; a verificação periódica (*Ckeck*) do que o que foi feito está de acordo com o planeado e se os resultados estão de acordo com o esperado consolidando-se a informação (e.g. elaborando relatórios); e finalmente agir de acordo com o que foi verificado de modo a corrigir ou mitigar problemas e atingir-se metas. Com a realização deste último passo

podem ser identificados novos problemas e metas a melhorar que obriguem à elaboração de novos planos de ação. Os planos que visam atingir “metas padrão” (e.g. produzir um refrigerante com qualidade padrão) são definidos como Procedimentos Operacionais Padrão ou Standard (POP ou POS), e a ferramenta tem o nome de ciclo ou método SDCA (MARTINS, 2010).

Arranque da instalação piloto de refrigerantes da UNICER

A IPR é constituída por um módulo carbonatador/misturador (MCM), um módulo enchedor automático em contrapressão (ME) e um tanque de pasteurização (TPast) (figura 3.1). No MCM onde é feita a elaboração da bebida, decorre o desarejamento e carbonatação da água de processo e diluição proporcionada dos ingredientes. De seguida é realizado o enchimento de garrafas (manualmente ou através do ME), o encapsulamento manual e a pasteurização no TP.

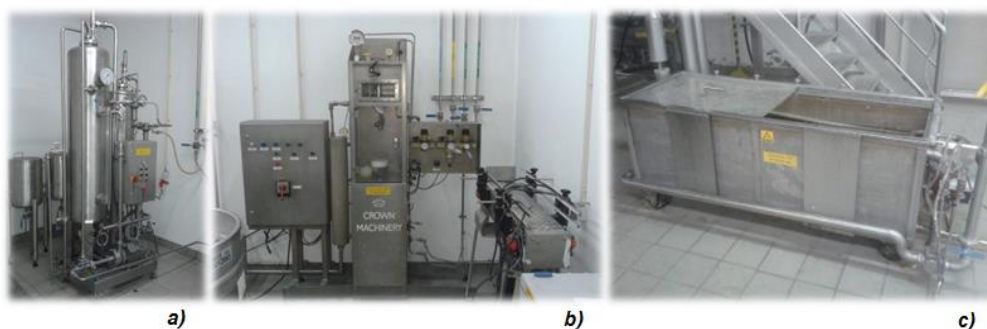


Figura 3.1 - Equipamento constituinte da IPR: a) módulo carbonatador/misturador; b) módulo enchedor automático em contrapressão e c) tanque de pasteurização

As secções seguintes dizem respeito à primeira fase do projeto START_IPR que se centrou na ativação do MCM da IPR.

3.1. Caracterização do módulo carbonatador/misturador

De seguida é apresentada uma descrição das características do MCM, que foi objeto de estudo no projeto START_IPR. Sugere-se a consulta das figuras A1.1. a) a e) no ponto A1.1. dos Anexos (páginas 137 a 147).

O MCM é constituído por um conjunto de três reservatórios para ingredientes (I1, I2 e I3), um tanque onde é feito o desarejamento e a carbonatação de água (TDC); uma unidade de mistura (UM), onde ocorre a diluição de ingredientes com a água carbonatada nas proporções pretendidas; um tanque de produto (TP), onde é armazenada a mistura resultante; e um quadro de distribuição (Q) que permite a monitorização o nível crítico em ambos os tanques e o controle de funcionamento de duas bombas: a bomba principal (Bp) e a bomba doseadora de ingredientes (Bd).

Os tanques do MCM (i.e., o TDC e o TP) são feitos de aço inoxidável capaz de suportar pressões internas entre -1 e 10 bar e uma temperatura máxima de 100°C. A capacidade máxima do TDC é de 200L e a do TP é de 75L. O TDC tem instalado um tubo indicador do nível de água (IN) e uma bomba que permite a sua recirculação (Bp) através de um braço onde é feita a injeção de dióxido de carbono (BI). Ambos os tanques dispõem de uma torneira que regula o caudal de injeção de dióxido de carbono (TI1 e TI2), uma válvula borboleta para retenção da atmosfera interior (Vr1 e Vr2); uma válvula borboleta para o escape de gases (Vx1 e Vx2), um manómetro que permite controlar a pressão interna (M1 e M2), uma válvula de segurança que procede a uma descarga quando a pressão interna atinge 7 bar, uma sonda de nível (SN1 e SN2), e uma cabeça de pulverização de agentes de limpeza/desinfecção para a realização da operação higienização através de um sistema CIP.

A UM consiste num compartimento onde é feita a mistura de um a três componentes (e.g. concentrado de fruta, aromatizante e corante) e água carbonatada. Este compartimento é alimentado por uma bomba (Bd) com quatro cabeças doseadoras (Cd1, Cd2, Cd3 e CdTDC), cada uma delas destinada a bombear um componente a partir do respetivo reservatório (I1, I2, I3 e TDC).

O quadro (Q) é composto por um conjunto de botões que permitem acionar e desativar as componentes elétrica do MCM, ligar e desligar as bombas (Bp e Bd) e informar acerca dos níveis de água no TDC e de produto no TP.

Este equipamento é alimentado com recursos líquidos e gasosos (e.g. dióxido carbono, água quente, água gelada e fluidos de limpeza/desinfecção CIP) que circulam através de tubagens de canalização. O seu fornecimento à IPR é feito através das torneiras de alimentação instaladas na proximidade do equipamento e, no caso dos recursos líquidos, automaticamente através do autómato.

A tipologia deste equipamento permite testar novas condições de fabrico decorrentes da utilização de novos tipos (e/ou quantidades) de ingredientes; de diferentes temperaturas da água de fabrico e/ou pressões de dióxido de carbono; e da extensão das operações de carbonatação e de pasteurização.

3.2. Procedimentos de operação

O arranque da IPR envolveu o desenvolvimento de um procedimento operacional (POS) que inclui a elaboração da bebida, o enchimento manual em contrapressão, o controlo de qualidade, e a higienização do equipamento. A elaboração deste procedimento baseou-se principalmente nas informações disponíveis no manual do fabricante e em experimentação, pelo que foram introduzidas algumas adaptações que tiveram em linha de conta o estado de conservação e o local onde se encontra instalado o equipamento.

3.2.1. Procedimento de elaboração da bebida

O processo de elaboração de um refrigerante no MCM pode ser dividido em duas partes. Na primeira parte, realizada no TDC, é produzida água carbonatada com o nível de carbonatação pretendido. Na segunda é feita a mistura (ou diluição proporcionada) dos ingredientes na água carbonatada, sendo a bebida armazenada no TP até ao momento do enchimento. Os passos de elaboração de refrigerantes na IPR a seguir descritos são realizados após ter sido ligado o equipamento (no quadro Q) e acionado o direcionamento da água

de processo (água gelada) através do autômato partilhado entre as duas instalações piloto da UNICER (IPC e IPR).

3.2.1.1. Arrefecimento do TDC e tubagens

O arrefecimento do TDC e das tubagens consiste em fazer circular água gelada durante alguns segundos através do equipamento. Ou seja, após a abertura da respetiva torneira de alimentação, uma quantidade de água de processo entra no TDC e circula através das tubagens até sair no esgoto do MCM. No ponto de saída de esgoto é feita a medição, com um termómetro, da temperatura da água que deverá diminuir e estabilizar num valor mínimo. Nessa altura, deverá registar-se o valor e fechar-se a válvula de esgoto (Vesg) para se dar início ao passo seguinte de carregamento do tanque.

O passo de arrefecimento, apesar de omitido no manual do fornecedor, deve ser realizado uma vez que a IPR se encontra instalada numa área que apresenta uma temperatura atmosférica elevada, suscetível de afetar a solubilização do dióxido de carbono durante o passo de carbonatação realizado posteriormente. Dado que o TDC não dispõe de uma sonda termopar, não é possível fazer um controlo direto da temperatura no decorrer da carbonatação, pelo que a temperatura medida à saída de esgoto deverá ser considerada na escolha da pressão de dióxido de carbono para obtenção do nível de carbonatação pretendido.

3.2.1.2. Carregamento do TDC

Durante o carregamento do TDC, a sonda SN1 instalada no TDC irá detetar se é atingido o nível mínimo de água necessário para a execução do processo. Nessa altura, uma luz do quadro de operações (Q) sinaliza a autorização para o arranque do processo. O carregamento do tanque poderá realizar-se até ao nível de água pretendido, que é lido num tubo transparente (IN) montado na frente do TDC. Assim, de acordo com as especificações do módulo, a quantidade de água dentro do TDC será de 30, 80 ou 130L se o nível lido no IN se encontrar posicionado respetivamente nas marcas de fim, meio ou topo deste tubo. Durante este passo, a válvula de escape do TDC (Vx1) deverá permanecer aberta para que o ar contido no seu interior seja continuamente

exaustado. Importa lembrar que para se obter um nível de carbonação concordante entre dois ou mais ensaios, é necessário manter constante (entre outras variáveis) o volume de água a carbonatar. Quanto maior for o volume de água a carbonatar, maior é a quantidade de gás que é necessário incorporar, e mais lento é o aumento de temperatura (devido à transferência de calor proveniente da atmosfera exterior) durante o período de processamento. Atingido o nível pretendido, desativa-se o fornecimento de água à IPR através do autómato, e fecham-se a torneira de alimentação de água gelada e a válvula de escape (Vx1). Dado que o consumo de água pode representar, mesmo à escala piloto, uma despesa considerável torna-se aconselhável monitorizar a quantidade gasta daquele recurso. Como tal, deverá registar-se o nível inicial e final de água no tanque de água gelada da IP exibido no ecrã do autómato, e determinar o volume gasto em cada utilização.

3.2.1.3. Desarejamento

O desarejamento tem como objetivo a remoção de todo o ar dissolvido na água que se pretende carbonatar. A remoção do ar é necessária para se evitarem problemas de deterioração da bebida e fenómenos de espumação que dificultam a operação de enchimento. Na IPR, o desarejamento é feito por refluxo, sendo necessário primeiro proceder-se à pressurização do TDC com dióxido de carbono e de seguida à injeção deste gás para que ocorra nucleação, sendo a mistura ar/dióxido de carbono exaustada do tanque.

Para se pressurizar o TDC deverá abrir-se a válvula de retenção do tanque (Vr1) e a torneira de alimentação de dióxido de carbono. Quando a pressão atingir cerca de 1bar deverá abrir-se, por breves segundos, a válvula de escape do tanque (Vx1) para que a mistura ar/dióxido de carbono contida no *headspace* do TDC seja exaustada e substituída por outra composta essencialmente por dióxido de carbono. Verificou-se que repetindo pelo menos duas vezes a purga do *headspace* era possível melhorar a eficácia da operação de desarejamento da água. Quando a pressão volta a atingir 1bar, aumenta-se o caudal de entrada de dióxido de carbono e, ao mesmo tempo, abre-se a válvula de escape de modo a que aquele valor de pressão se mantenha constante. De seguida, liga-se a bomba principal (Bp) no quadro Q e inicia-se a contagem do

tempo de operação com um cronómetro. Esta bomba tem como função forçar a passagem da água através de um braço lateral onde é feita a injeção do gás. Durante a operação, as moléculas de dióxido de carbono ligam-se ao ar (nucleação), empurrando-o do seio do líquido, sendo a mistura removida através da válvula de escape (V_{x1}). A pressão, lida no manómetro M1 do TDC deverá ser mantida constante a 1 bar durante o período de tempo pretendido para esta operação, geralmente entre 3 e 5 minutos. Atingido o limite de tempo pretendido da operação (t_1) deverá desligar-se a bomba principal no quadro.

Dado que o temporizador automático da IPR se encontrava inoperacional, a contagem do tempo de operação foi realizada manualmente. Embora a execução da operação de forma automática possibilite maior comodidade e disponibilidade para o controle da pressão de desarejamento, não é crucial para o decorrer normal do processo.

3.2.1.4. Carbonatação

Logo de seguida ao desarejamento é realizada a operação de carbonatação da água. Para tal, fecha-se a válvula de escape (V_{x1}), aumenta-se o caudal de entrada de dióxido de carbono na torneira de alimentação, e ajusta-se a torneira de injeção do TDC (TI_1) de modo a que a pressão interna do tanque estabilize no valor de pressão pretendido para a operação. Logo que este valor seja atingido e permaneça constante, liga-se de novo a bomba principal e regista-se o instante de tempo inicial (t_2). Tal como no passo anterior, a injeção de dióxido de carbono realiza-se no braço lateral do tanque, mas neste passo, este gás tende a permanecer retido no seio do líquido devido à pressão interna do tanque, que deverá ser superior a 1 bar. O tempo de operação é também controlado manualmente com cronómetro. A escolha da pressão e do tempo de carbonatação depende da quantidade de dióxido de carbono pretendida no produto e da temperatura da água no tanque. Atingido o instante final da operação (t_3) desliga-se a bomba principal, e abrem-se as válvulas de escoamento para se proceder à recolha de amostras para análise do nível de carbonatação. No final do enchimento aquelas válvulas deverão ser novamente fechadas.

A recolha das amostras de água carbonatada consiste no enchimento manual em contrapressão de garrafas de acordo com o procedimento do ponto 3.2.2. seguindo-se imediatamente o encapsulamento das mesmas. A determinação do nível de carbonatação é realizada seguindo um protocolo interno da UNICER que utiliza o equipamento da figura 3.3 (*vide* página 90).

3.2.1.5. Desarejamento e pressurização do TP

Este passo deve ser realizado para que o TP fique preparado para receber o produto resultante da diluição dos ingredientes. Em primeiro lugar é necessário remover todo o ar contido no TP vazio, substituindo-o por uma atmosfera composta exclusivamente por dióxido de carbono. Para tal, deverá fechar-se a válvula de retenção do TDC (Vr1) e abrir-se a válvula de retenção do TP (Vr2) de modo a direccionar-se a alimentação do gás para este tanque. Com a válvula de escape fechada (Vx2) é possível verificar no manómetro (M2) o aumento da pressão interna. Quando esta atinge 1bar procede-se à abertura da válvula de escape para remover completamente a mistura ar/dióxido de carbono do interior. A pressurização deverá fazer-se fechando novamente a válvula de escape até que seja atingida uma pressão 1-2 bar acima da pressão registada no manómetro (M1) do TDC. Atingido o valor de pressão pretendido deverá fechar-se a torneira de alimentação de dióxido de carbono e a válvula de retenção do tanque (Vr2).

3.2.1.6. Diluição proporcionada e transferência para o TP

Neste passo ocorre a mistura da água (proveniente do TDC) com os restantes componentes (armazenados nos reservatórios I1 a I3) nas proporções pretendidas para o produto final. Esta operação, também denominada de diluição proporcionada, ocorre num compartimento específico do módulo (a unidade de mistura, UM) que é alimentado através de uma bomba doseadora (Bd). Ou seja, a Bd através do ajuste das respetivas cabeças de pistão, introduz na UM a quantidade pretendida de cada um dos componentes, de modo a obter-se a bebida final com a composição especificada. Entretanto, a mistura elaborada na UM vai sendo bombeada até ao TP.

As quatro cabeças da Bd (Cd1, Cd2, Cd3 e CdTDC) têm gravada uma escala entre 0 e 20 correspondente ao comprimento (em mm) do curso do respetivo pistão. Quanto maior o comprimento de curso de pistão, maior é a quantidade do componente bombeada para o interior da UM. Ou seja, uma cabeça ajustada para um comprimento de 20mm bombeia maior quantidade de um componente do que uma cabeça com um comprimento ajustado de 1mm. Rodando cada uma das cabeças é possível ajustar o respetivo comprimento de curso de pistão, e por conseguinte a quantidade pretendida do componente. Por exemplo, considerando que se pretende na bebida final uma proporção de 1 parte de xarope (introduzido no reservatório I1) para 4 partes de água, deverão ajustar-se respetivamente as cabeças Cd1 e CdTDC para 1 e 4mm, ou para os respetivos múltiplos (i.e. 2:8, 3:12, 4:16 ou 5:20). Quanto mais elevada for a relação de múltiplos, mais rápida é a operação de diluição.

Portanto, antes de se iniciar o passo de diluição proporcionada é necessário proceder ao ajuste das cabeças da bomba que irão intervir na operação de mistura, rodando-as para um valor entre 0 e 20mm, devendo as restantes cabeças ser ajustadas a 0mm. Adicionalmente é necessário assegurar a abertura de torneiras e de válvulas que condicionem o acesso dos componentes (água e ingredientes dos reservatórios I1 a I3) à UM através da Bd.

Executadas as ações anteriores dá-se então início à mistura dos componentes, devendo para isso acionar-se, no quadro Q, a Bd e remover o ar aprisionado no interior das cabeças doseadoras. A remoção do ar é necessária para garantir o correto funcionamento da bomba e para se evitar a incorporação de oxigénio na atmosfera interior do TP. Entretanto, através da escotilha lateral do TP é possível observar a entrada da mistura elaborada na UM.

Segundo as instruções do fornecedor do módulo, momentos após o início da operação de mistura, deverá abrir-se por breves momentos as válvulas de escoamento do produto (Ve1-1 e Ve2-1) que entretanto deu entrada no TP. A purga do produto resultante das primeiras misturas é necessária para se minimizar a ocorrência de desvios nas características do produto relativamente às especificações, nomeadamente o Brix. Estes desvios podem resultar de problemas que dificultam a entrada dos componentes na quantidade certa

dentro da UM, por exemplo devido à presença de ar ou água de lavagem nas cabeças da Bd.

Fechando novamente as válvulas de escoamento, dá-se continuidade à operação de mistura, durante a qual se observa um aumento da pressão interna do TP (lida no M2) à medida que mais produto entra no tanque. A diferença de pressões entre os dois tanques da IPR (TDC e TP), definida no passo anterior, deverá ser conservada durante este passo de mistura. Desta forma evita-se a descarbonatação do produto formado no interior do equipamento que, por sua vez poderá dar origem a alterações nas quantidades relativas dos componentes que são bombeadas para UM. Para tal, durante a operação deverá abrir-se periodicamente a válvula de escape do TP (Vx2) de modo a conservar-se a diferença de pressões lidas nos manómetros M2 e M1.

A operação pode ser terminada a qualquer momento, desligando a Bd no quadro Q, ou poderá ser deixada em curso até que seja atingido o nível máximo do TP. Nessa altura a sonda de nível do tanque (SN2), ao detetar a superfície do produto, envia um sinal ao quadro Q para que seja interrompido o funcionamento da Bd. O mesmo acontece caso a sonda de nível do TDC (SN1) detete um nível insuficiente de água carbonatada. Dado que os reservatórios dos restantes componentes não dispõem de sondas, é necessário assegurar no início de cada fabrico que o carregamento suficiente dos mesmos, por forma a evitarem-se problemas durante a operação de mistura.

Terminada a operação, abrem-se as válvulas de escoamento (Ve1-1 e Ve2-2) para se proceder à recolha de amostras de produto acabado que serão submetidas a controlo de qualidade. A recolha das amostras deverá ser realizada de acordo com o procedimento descrito no ponto 3.2.2. No controlo de qualidade são analisados diversos parâmetros, nomeadamente o Brix e o nível de carbonatação conforme descrito no ponto 3.2.3.

3.2.2. Procedimentos de recolha de amostras

O seguinte procedimento de enchimento é seguido quando se pretende fazer recolha de amostras líquidas, i.e. amostras de água carbonatada ou de

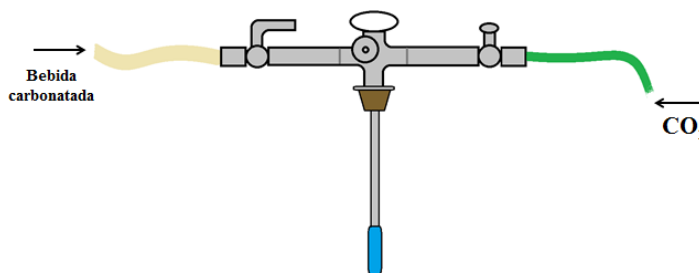


Figura 3.2 - Representação esquemática da enchedora manual utilizada

produto acabado. A recolha de amostras é efetuada com uma enchedora manual de garrafas em contrapressão. Esta enchedora (figura 3.2) é composta por um *core* metálico oco ao qual se encaixam lateralmente duas mangueiras. Uma das mangueiras, por onde passa a amostra líquida, é ligada à abertura de escoamento da IPR enquanto a outra mangueira é ligada a uma botija de dióxido de carbono. O fluxo de líquido ou de gás proveniente das mangueiras que entra no *core* é regulado por torneiras. Na parte de baixo do *core* encontra-se encaixada uma borracha e um estilete perfurado por onde é dispensado o dióxido de carbono e a amostra líquida para o interior da garrafa. O influxo de líquido carbonatado é regulado através de um parafuso por onde é feito o escape da pressão interna da garrafa para o exterior.

Antes de se iniciar o enchimento é importante garantir que os tanques onde se encontra armazenada a amostra líquida (água carbonatada no TDC ou produto final no TP) se mantêm convenientemente pressurizados para se evitar a descarbonatação. Como tal, a torneira de alimentação de dióxido de carbono da IPR, e as válvulas de retenção (Vr1 e Vr2) dos tanques deverão permanecer abertas. Adicionalmente, as válvulas da IPR por onde é escoada a amostra líquida até ao dispositivo de enchimento deverão também ser abertas assim como as torneiras de segurança e escape da botija de dióxido de carbono.

O enchimento inicia-se com a colocação do estilete no interior da garrafa até que a borracha toque no gargalo. É importante assegurar que até ao final do enchimento a borracha se encontra bem encostada ao gargalo para se evitarem quebras na pressão interna da garrafa. É portanto necessário aplicar alguma

força no topo da enchedora no sentido descendente, devendo a garrafa permanecer sempre imóvel e na vertical. Com o parafuso de escape aberto, é feita a injeção de dióxido de carbono na garrafa abrindo-se a respetiva torneira no *core* metálico. Desta forma, o ar contido na garrafa é empurrado pelo dióxido de carbono e expulso através do parafuso de escape. Fechando-se o parafuso por curtos instantes aumenta-se a pressão em dióxido de carbono no interior da garrafa. Logo de seguida, fecha-se a torneira de dióxido de carbono e abre-se a segunda torneira do *core* metálico para que seja dispensado um volume de amostra líquida para o interior da garrafa. Verifica-se a uma dada altura do enchimento que o fluxo de enchimento diminui até cessar por completo. Nessa altura a pressão interior da garrafa impede que mais água seja dispensada. Para que o fluxo seja retomado, o parafuso de escape tem de ser de novo aberto, reduzindo-se a pressão interna. No final do enchimento, a torneira é novamente fechada e a enchedora retirada da garrafa. A garrafa cheia deverá ser imediatamente capsulada para impedir a descarbonatação da amostra líquida. Se seguida, as amostras poderão ser analisadas quanto ao nível de carbonatação e/ou ao Brix.

Para se reduzir a ocorrência de discrepâncias nos valores de carbonatação das amostras recolhidas, deverá procurar-se realizar o enchimento sempre da mesma forma. Dado que a tubagem que liga os tanques de reserva (TDC ou TP) à abertura de escoamento da IPR está mais suscetível a aumentos de temperatura (por condução de calor proveniente da atmosfera exterior), o líquido no seu interior poderá sofrer mais facilmente descarbonatação. Assim, antes da recolha da primeira amostra deverá rejeitar-se aproximadamente 10 litros de amostra líquida. Desta forma, promove-se o arrefecimento da tubagem e assegura-se que a amostra recolhida na primeira garrafa apresenta um nível de carbonatação representativo do líquido contido no tanque (água carbonatada no TDC ou produto acabado no TP). Com o mesmo propósito, antes da recolha das restantes amostras deverão rejeitar-se 3-4L de amostra líquida.

Após o enchimento das garrafas com amostra líquida é necessário realizar-se o seu encapsulamento imediato para se evitar a libertação de dióxido de carbono e a entrada de ar.

3.2.3. Procedimentos de controlo de qualidade

3.2.3.1. Determinação do Brix

O teor de sólidos solúveis (expresso em °B) corresponde à percentagem mássica de açúcares em água.

A determinação do Brix é feita por refratometria após a homogeneização e descarbonatação da amostra de refrigerante a uma temperatura de 20°C, segundo a norma NP EN 12143:1999. O aparelho utilizado na determinação denomina-se refratómetro. Trata-se de um instrumento ótico que permite a medição exata do Brix de uma solução a partir da refração de um feixe de luz incidente numa amostra desta solução. Ao incidir na amostra, o feixe de luz sofre uma mudança de direção. O ângulo entre o feixe de luz incidente e o feixe de luz refratada designa-se por ângulo ou índice de refração, que é dependente da densidade da amostra, e portanto do Brix da solução. Quanto maior for o índice de refração, mais densa é a amostra, e maior é o seu Brix.

3.2.3.2. Determinação do nível de carbonatação

A determinação da concentração de dióxido de carbono é feita de forma automática utilizando o medidor *CarboQC* da *Anton-Paar* (figura 3.3). Antes de se proceder à leitura no aparelho é necessário agitar a garrafa um determinado número de vezes para que o dióxido de carbono no seu interior atinja rapidamente um estado de equilíbrio. O aparelho onde é feita a medição é composto por um dispositivo de enchimento, no qual um tubo de ponta afiada perfura a cápsula da garrafa e conduz a amostra de líquido através de uma câmara de medição durante 30 segundos. Após este tempo, a câmara é fechada de modo a que o fluxo de amostra seja interrompido e se inicie a determinação do dióxido de carbono. A determinação é feita com base na medição da temperatura da bebida e na pressão de dióxido de carbono na fase gasosa acima do líquido (*headspace* da câmara), quando este se encontra em equilíbrio com o



Figura 3.3 - Medidor automático de dióxido de carbono dissolvido, *CarboQC/Anton Paar* (ANTON PAAR, 2016)

dióxido de carbono dissolvido na bebida. Um agitador magnético em constante rotação no interior da câmara assegura o estado de equilíbrio entre a fase líquida e a fase gasosa durante a medição. No entanto, além do dióxido de carbono é comum encontrarem-se dissolvidos outros gases, nomeadamente o oxigénio e o azoto que compõem o ar. Para que a medição do dióxido de carbono dissolvido seja feita sem erros, as pressões parciais daqueles gases devem ser completamente eliminadas. A forma que o aparelho tem de proceder a estas eliminações é realizar medições da pressão e temperatura de equilíbrio a mais do que um volume de expansão da câmara. Um pistão faz aumentar o volume da câmara desde o início do ensaio e as medições são feitas aos volumes de expansão de 10 e 30%. Com o aumento do volume da câmara, a pressão dos gases na fase gasosa diminui, sendo que essa diminuição é tanto maior quanto mais insolúvel for o gás no líquido. Sabendo que o oxigénio e o azoto são gases menos solúveis do que o dióxido de carbono, considera-se não existir ar dissolvido na bebida quando se obtêm valores iguais de pressão para os dois valores de expansão. No final da medição, o resultado da determinação de dióxido de carbono corrigido é exibido num mostrador eletrónico, sendo expresso em g/L. O aparelho apresenta muito boa repetibilidade e reprodutibilidade para valores de dióxido de carbono entre 0 e 12 g/L, e os resultados não são afetados pela temperatura da amostra ou a pressão atmosférica devida à altitude em que é realizado o ensaio (MURER, 2004).

3.2.4. Procedimentos de higienização

A higienização dos equipamentos deve incluir uma primeira etapa de limpeza na qual são utilizados sequencialmente diferentes agentes de limpeza (água limpa, soda, ácido fosfórico), seguindo-se uma etapa de desinfecção.

Os procedimentos de higienização dos tanques e tubagens devem realizar-se sistematicamente após cada utilização da IPR, razão pelo qual este equipamento tem instalado um sistema CIP. Tal como a água gelada de processo, os agentes de limpeza e desinfecção são fornecidos à IPR através de um painel central computadorizado de operações (autómato). Através do autómato é possível controlar o programa de CIP, nomeadamente o tempo e

sequência de operações de higienização, assim como a temperatura e concentração das soluções de agentes utilizados.

Na operação de limpeza do MCM (sistema CIP) utiliza unicamente água limpa, pelo que será feita de seguida a descrição do procedimento respetivo.

Para se dar início ao programa CIP deverá em primeiro lugar, abrir-se o conjunto de torneiras e válvulas do MCM que permitam a passagem da água de limpeza por todos os compartimentos e tubagens que estão em contacto com o produto. As válvulas das tubagens por onde circula exclusivamente dióxido de carbono devem ser fechadas para proteção. Pretende-se que a água entre no MCM através de uma torneira de alimentação CIP e circule ao longo das tubagens até às cabeças de pulverização que possibilitam a limpeza eficiente de todo o interior do TDC e do TP. À saída dos tanques, a água deverá enxaguar as tubagens de escoamento, que conduzem às cabeças da Bd e ao esgoto do MCM.

De seguida, deverá abrir-se a torneira de alimentação CIP e efetuar-se, através do autómato, a abertura das válvulas que permitem o fornecimento de água de limpeza à IPR. A duração da operação deverá ser de pelo menos 20 minutos. No final da operação procede-se à interrupção do fornecimento da água no autómato e ao fecho da torneira de alimentação CIP do MCM.

Dado que os reservatórios do MCM onde é feito o carregamento dos componentes da bebida (i.e., os reservatórios I1, I2 e I3) não se encontram no circuito CIP do módulo, a sua higienização sistemática deverá ser realizada manualmente. Para tal, ao fim de cada dia de ensaios no MCM, os tanques devem ser totalmente descarregados abrindo-se a torneira de descarga respetiva. De seguida devem ser enxaguados com água limpa de modo a remover a totalidade (visível) de resíduos do componente que ainda se encontrem aderidos nas paredes interiores. Apesar de não ter sido executado na totalidade, o processo de higienização completo deveria incluir também a aplicação de agentes de limpeza e desinfeção, seguindo-se novamente o enxaguamento com água limpa.

3.3. Testes ao funcionamento do módulo carbonatador/misturador

3.3.1. Testes de elaboração de bebida

Os testes de elaboração de bebida visam em primeiro lugar observar o efeito das variáveis operacionais na qualidade do produto obtido (i.e. água carbonatada ou a bebida refrigerante final). Ou seja, nas etapas de desarejamento e carbonatação, pretende-se observar o efeito da temperatura, da pressão e do tempo daquelas operações nas concentrações de dióxido de carbono e de ar presentes na água carbonatada obtida. Na etapa de diluição proporcionada, pretende-se observar o efeito do ajuste das cabeças da bomba doseadora no Brix e no nível de carbonatação do refrigerante final. Desta forma, os testes realizados contemplam separadamente ensaios de carbonatação de água desarejada no TDC, e ensaios de diluição proporcionada.

3.3.1.1. Ensaios de carbonatação de água desarejada

- Descrição do método de ensaio

Realizaram-se quatro grupos de ensaios de carbonatação de água desarejada, designados A1, A2, A3 e A4, em condições específicas de temperatura de água (T), tempo de desarejamento (td) e tempo de carbonatação (tc), conforme apresentado na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Condições operacionais das etapas de desarejamento e carbonatação de água no TDC

Grupo de ensaios	Ensaio realizados	T (°C)	Desarejamento		Carbonatação	
			Pd (bar)	td (min)	Pc (bar)	tc (min)
A1	A1.1, A1.2, A1.3 e A1.4	4.6-5.3	1	3	4.5-4.6	12
A2	A2.1, A2.2, A2.3 e A2.4	4.6-5.3	1	9	4.5-4.6	12
A3	A3.1, A3.2 e A3.3	4.6-5.3	1	9	4.5-4.6	24
A4	A4.1	9.6	1	9	4.5-4.6	12

A temperatura da água (T) corresponde ao valor mínimo de temperatura, medido no final da etapa de arrefecimento, no ponto de saída do esgoto do

MCM. Pressupõe-se então que este valor se aproxima da temperatura da água que se encontra dentro do TDC durante as etapas de desarejamento e carbonatação. Apesar do valor da temperatura diferir entre cada grupo de ensaios, para o caso dos grupos A1, A2 e A3, esse valor encontra-se dentro de um intervalo compreendido entre 4.6 e 5.3°C.

Para os quatro grupos de ensaios, o valor de pressão de dióxido de carbono a que se encontrava o TDC foi o mesmo nas etapas de desarejamento e de carbonatação da água.

Os tempos das etapas de desarejamento e de carbonatação, medidos manualmente com um cronómetro, correspondem respetivamente a $t_d = t_1$ e $t_c = t_3 - t_2$.

Cada grupo é composto por diversos ensaios de fabrico realizados nas mesmas condições operacionais. De cada ensaio foram retiradas quinze amostras de água carbonatada. A recolha das amostras foi efetuada utilizando uma enchedora manual em contrapressão. As amostras foram recolhidas em garrafas de vidro imediatamente capsuladas após o enchimento.

- **Resultados obtidos**

Conforme apresentado na tabela 3.2, em cada ensaio foram analisadas quinze amostras de água carbonatada quanto às concentrações de dióxido de carbono (em g/L) e de ar (em ppm).

Tabela 3.2 - Resultados obtidos nos ensaios de carbonatação de água desarejada no TDC

ENSAIO			VARIÁVEIS OPERACIONAIS						AMOSTRAS DE ÁGUA CARBONATADA										ÁGUA GELADA - IP UNICER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Id	Data	Hora	DESAREJAMENTO			CARBONATAÇÃO			n.º 1, 6 e 11		n.º 2, 7 e 12		n.º 3, 8 e 13		n.º 4, 9 e 14		n.º 5, 10 e 15		T (°C)	Nível Inicial (L)	Nível Final (L)	Total gasto (L)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			Pd (bar)	td ou tl (min)	t2 (min)	Pc (bar)	t3 (min)	tc (min)	CO2 (g/l)	Ar (ppm)	CO2 (g/l)	Ar (ppm)	CO2 (g/l)	Ar (ppm)	CO2 (g/l)	Ar (ppm)	CO2 (g/l)	Ar (ppm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
A1.1	20-jun	17:50	4.6	1.0	3.0	6.5	4.6	18.5	12.0	7.71	4	6.34	3	8.86	6	5.47	2	6.98	4	1.0	1128	860	268																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
A1.2	20-jun	18:54	4.9	1.0	3.0	5.5	4.4	17.5	12.0	6.29	2	7.96	4	6.47	2	6.45	3	4.39	2	1.2	860	635	225																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
										6.51	3	5.50	2	6.52	3	5.04	4	6.53	4					5.42	3	5.29	4	6.92	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A1.3	20-jun	22:26	5.3	1.0	3.0	6.5	4.6	18.5	12.0	5.85	6	3.62	2	5.93	3	6.88	7	5.29	4	1.7	630	418	212																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
										5.41	7	5.81	10	6.55	10	6.32	10	6.92	10					6.28	7	6.99	7	6.76	7	4.35	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
A1.4	21-jun	18:50	4.9	1.0	3.0	7.0	4.6	19.0	12.0	5.56	7	5.52	11	5.88	10	5.58	7	6.28	7	1.2	1195	970	225																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
										4.22	6	5.90	6	7.12	8	6.84	10	6.99	7					7.10	7	6.76	7	6.31	1	7.44	1	5.02	1	5.08	0	5.71	1	6.01	0	7.82	1	5.68	0	4.15	1	7.11	0	6.98	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0	7.62	0	7.41	0	6.87	0	7.54	0	7.61	0	7.54	0

Legenda: ND - não foi determinado

- **Análise e discussão dos resultados**

- a) Estatística descritiva univariada

Todos os valores de concentração de dióxido de carbono e de ar relativos às amostras de água carbonatada produzida foram considerados no estudo descritivo de estatística univariada. Este estudo visou observar o modo como se distribuem aqueles valores em cada um dos ensaios realizados.

Através da aplicação R (versão 3.2.5, desenvolvida pela *The R Foundation for Statistical Computing*) construiu-se a tabela 3.3 onde são exibidas as medidas de posição e de localização na distribuição, nomeadamente a média (m), a mediana (M), o mínimo (\min), o máximo (\max), o primeiro quartil ($Q1$), o terceiro quartil ($Q3$) e a amplitude interquartil ($Q3-Q1$). Adicionalmente foram construídos os diagramas de extremos e quartis (*boxplots*) para cada grupo de ensaio (figura 3.4, *vide* página 99).

A representação do *boxplot* corresponde a um retângulo alinhado verticalmente com duas semirretas, uma em cada um dos lados opostos do retângulo. A altura do retângulo representa a amplitude interquartis ($Q3-Q1$) que é uma medida de dispersão dos dados. O retângulo contém 50% dos valores do conjunto de dados, i.e. do conjunto de valores de concentração de dióxido de carbono ou de ar. Uma linha divide o retângulo no valor da mediana (M ou $Q2$). As semirretas ligam respetivamente os quartis $Q1$ e $Q3$ ao valor mínimo (\min) e ao máximo (\max) do conjunto de dados. Os *outliers* correspondem a valores estranhos, anormais ou aberrantes que podem surgir devido a erros procedimentais por parte do operador. Quando existem, são representados por “o” acima ou abaixo do máximo ou mínimo.

Observa-se que nos ensaios dos grupos A1, A2 e A4, as respetivas distribuições dos valores de concentração de dióxido de carbono apresentaram uma maior dispersão do que as distribuições dos ensaios do grupo A3, em virtude do maior valor de $Q3-Q1$. Em média, a amplitude $Q3-Q1$ foi de 1.77 para o grupo A4; 1.06 para o grupo A1; 0.83 para o grupo A2 e 0.64 para o grupo A3.

A variabilidade verificada, sobretudo para os ensaios dos grupos A1, A2 e A4, deveu-se principalmente à dificuldade na execução da etapa de enchimento/encapsulamento manual.

Durante o enchimento manual a pressão interna da garrafa aumenta, sendo para algumas amostras difícil manter-se o vedante da enchedora em contacto firme com o gargalo da garrafa, resultando perdas abruptas na pressão interna. A velocidade de enchimento (controlada pela diferença de pressões internas do TDC e da garrafa) tem uma influência direta na capacidade em manter-se constante a estanquicidade do sistema enchedora-garrafa. Ou seja, a velocidade de enchimento deverá ser suficiente para que não ocorra uma libertação rápida do dióxido de carbono (descarbonatação) da amostra, e portanto uma perda súbita da pressão interna. A minimização da descarbonatação após o enchimento é conseguida com a realização imediata do encapsulamento. No entanto, dado que o capsulador manual utilizado frequentemente retinha a cápsula, inviabilizando o encapsulamento da garrafa, nem sempre foi possível realizar a operação com a rapidez necessária.

A temperatura a que se encontra a amostra influencia diretamente a magnitude da descarbonatação da amostra durante as etapas de enchimento e encapsulamento. Apesar de não se terem realizado mais ensaios a diferentes temperaturas, poderá afirmar-se que esta propriedade foi a principal responsável pela maior dispersão verificada no ensaio do grupo A4 (realizado a 9.6°C) relativamente aos demais ensaios (realizados a 4.6-5.3°C).

As dificuldades na execução das etapas de enchimento e encapsulamento manual também estiveram na origem da obtenção de valores de concentração de dióxido de carbono muito abaixo e/ou muito acima do valor central de cada distribuição (ou ensaio). Estes valores encontram-se identificados nas colunas 9 e 10 da tabela 3.3.

Através dos valores de Q3-Q1, da tabela 3.3, verifica-se que as amostras recolhidas nos ensaios A1.3, A2.3, A3.1, A3.2 e A3.3 cumprem o intervalo de tolerância para o valor de concentração de dióxido de carbono, estipulado pela UNICER, de 0.8g/L (ou $\pm 0.40\text{g/L}$).

Tabela 3.3. – Medidas de posição e de localização na distribuição de valores medidos de dióxido de carbono (g/L) e de ar (ppm) nos ensaios de carbonatação de água desarejada.

Ensaio	Dióxido de carbono (g/L)								Ar (ppm)							
	Min	Q1	m	M	Q3	Máx	Q3-Q1	Outliers		Min	Q1	m	M	Q3	Máx	Q3-Q1
								moderados	severos							
A1.1	4.83	6.04	7.04	6.81	7.53	8.86	1.49	-	-	2.00	3.00	3.00	3.54	4.00	6.00	1.00
A1.2	4.39	5.53	6.45	6.21	6.53	7.96	1.00	-	-	2.00	2.00	3.00	2.80	3.00	4.00	1.00
A1.3	3.62	5.54	5.85	5.83	6.30	6.92	0.76	3.62	-	2.00	6.50	7.00	7.40	10.00	11.00	3.50
A1.4	4.22	6.10	6.84	6.38	7.08	7.14	0.98	4.22 e 4.35	-	6.00	7.00	7.00	9.27	9.00	23.00	2.00
A2.1	4.77	6.10	6.31	6.40	6.93	7.63	0.83	4.77	-	0.00	1.00	1.00	0.87	1.00	2.00	0.00
A2.2	4.05	5.09	5.80	5.69	6.21	7.44	1.12	-	-	0.00	1.00	1.00	1.07	1.50	2.00	0.50
A2.3	4.00	5.65	5.84	5.83	5.99	7.82	0.35	-	4.00 e 7.82	0.00	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.00
A2.4	4.15	5.90	6.45	6.31	6.93	8.74	1.03	4.15 e 4.34	-	0.00	0.00	1.00	0.60	1.00	2.00	1.00
A3.1	6.63	6.81	6.98	7.08	7.34	7.81	0.54	-	-	0.00	0.00	1.00	0.53	1.00	1.00	1.00
A3.2	6.87	7.09	7.41	7.39	7.69	7.96	0.60	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A3.3	2.21	6.86	7.19	6.98	7.64	8.43	0.78	-	2.21	0.00	0.50	1.00	0.93	1.00	3.00	0.50
A4.1	2.55	3.69	5.00	4.61	5.46	6.04	1.77	-	-	0.00	1.00	1.00	1.27	1.50	3.00	0.50

Legenda:

Min - valor mínimo

Q1 - primeiro quartil

m - média

M - mediana

Q3 - terceiro quartil

Máx - valor máximo

Q3-Q1 - amplitude interquartis

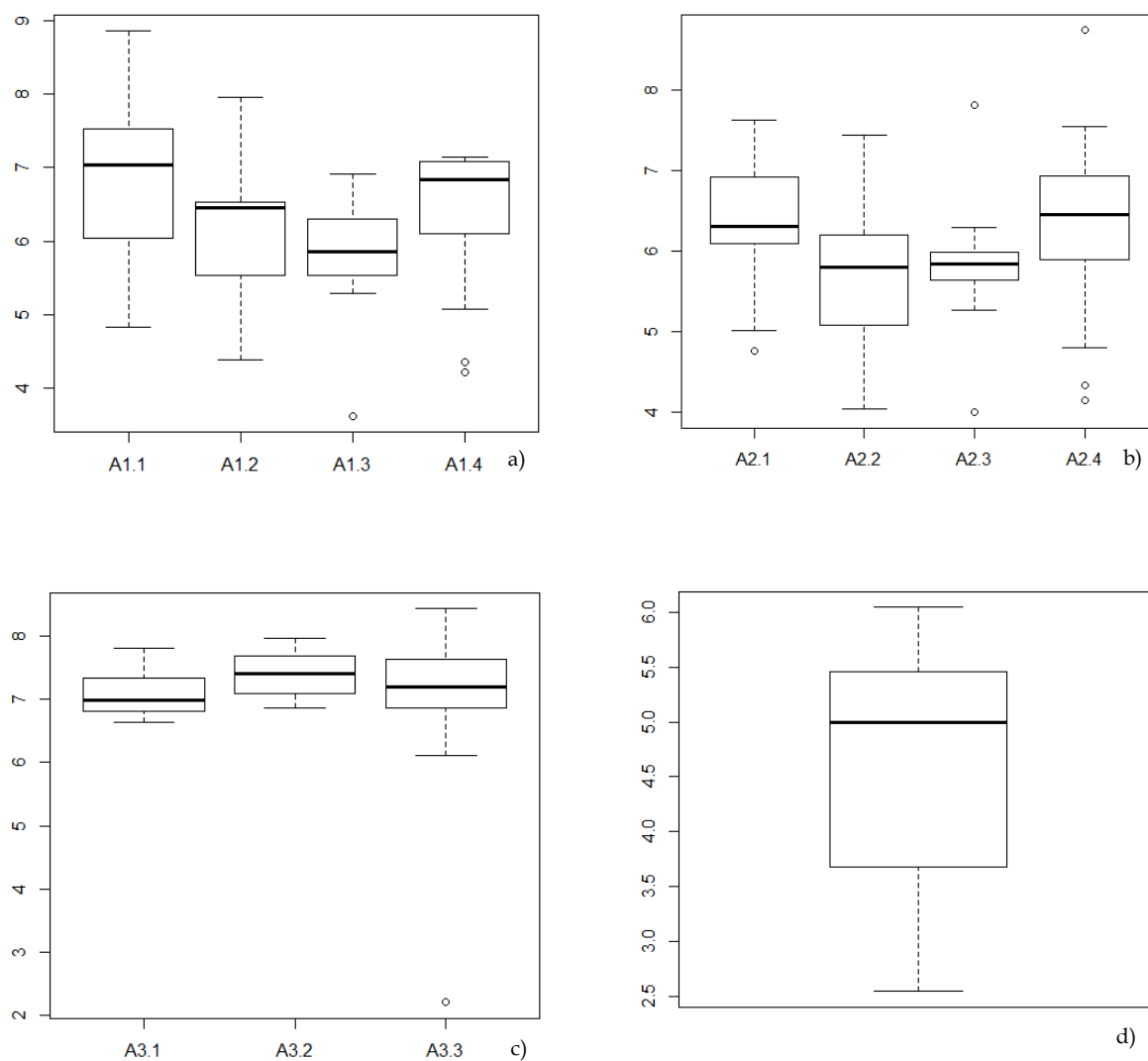


Figura 3.4 – *Boxplots* de cada grupo de ensaios de carbonatação de água desarejada: a) A1, b) A2, c) A3 e d) A4.

b) Estudos de regressão linear

Os estudos de regressão linear têm por objetivo verificar, através de equações matemáticas (modelos), a relação de uma variável independente com uma variável dependente (regressão linear simples) ou, simultaneamente, com várias variáveis dependentes.

b.1) Regressão linear múltipla

Pretendeu-se estudar o modo como a concentração de dióxido de carbono dissolvido nas amostras dos vários ensaios se relaciona com as variáveis operacionais, nomeadamente a temperatura da água (T), do tempo de desarejamento (td) e do tempo de carbonatação (tc).

Conforme o exposto na tabela A1.3-1 (*vide* ponto A1.3, pág. 148), começou-se por determinar o valor médio da concentração de dióxido de carbono de todos os conjuntos de amostras *i* retiradas em cada um dos grupos de ensaios. De seguida, procedeu-se à categorização das variáveis operacionais (T, td e tc), i.e. à transformação daquelas variáveis em variáveis categóricas binárias (0 ou 1) de acordo com a tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Categorização das variáveis operacionais

Variáveis categóricas binárias	Variáveis operacionais (contínuas)		
	T (°C)	td (min)	tc (min)
0	4.6-5.3	3	12
1	9.6	9	24

Recorrendo à aplicação R, construiu-se um modelo de regressão linear múltipla, utilizando os dados da tabela A1.3-2 (*vide* ponto A1.3, pág. 149). Nesta tabela, as variáveis Y, X₁, X₂ e X₃ correspondem respetivamente à concentração média de dióxido de carbono dissolvido (em g/L), à temperatura da água (0 ou 1), ao tempo de desarejamento (0 ou 1) e ao tempo de carbonatação (0 ou 1).

O modelo de regressão gerado é expresso pela equação 3.1:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + E \quad (\text{eq. 3.1})$$

Onde E é a variável residual que inclui todas as influências no comportamento da variável Y que não podem ser explicadas linearmente pelas variáveis X_m (com m entre 1 e 3); e β_n (com n entre 0 e 3) são os coeficientes do modelo que se pretendem determinar.

As variáveis X_m e E têm associado um nível de significância (*p-value*) que deverá ser superior a 0.05 para que se possa considerar a existência de uma relação linear com a variável dependente.

Atendendo ao nível de significância associado a cada uma das variáveis dependentes (tabela A1.3-3, *vide* ponto A1.3., pág. 150), o modelo de regressão gerado é dado por:

$$Y = -1.4462X_1 + 1.0898X_3 + 6.2803 \quad (\text{eq.3.2})$$

Ou seja, neste modelo, apenas as variáveis X_1 , X_3 e E é que estão significativamente relacionadas linearmente com a variável Y pois têm associado um *p-value* muito inferior a 0.05.

Desta forma, verifica-se através do estudo de regressão linear múltipla, que a concentração média de dióxido de carbono está diretamente relacionado com o tempo de carbonatação, e inversamente relacionado com a temperatura de água, não existindo uma relação significativa com o tempo de desarejamento.

b.1) Regressão linear simples

Pretendeu-se estudar o modo como a concentração de ar dissolvido nas amostras se relaciona com o tempo de desarejamento, mantendo constante a temperatura. Como tal, neste estudo utilizaram-se apenas os valores das medições da concentração de ar nos ensaios dos grupos A1 e A2.

De forma análoga ao que foi feito no estudo de regressão múltipla, começou-se por determinar o valor médio da concentração de ar de todos os conjuntos de amostras i retiradas de todos os ensaios dos grupos A1 e A2 (tabela A1.3-4, *vide* ponto A1.3, pág. 150).

De seguida, procedeu-se à categorização da variável td (tabela 3.4) e, recorrendo novamente à aplicação R, construiu-se um modelo de regressão linear simples com os dados da tabela A1.3-5 (*vide* ponto A1.3, pág. 151). Nesta tabela, as variáveis Y e X_1 correspondem respetivamente à concentração média de ar dissolvido (em ppm) e ao tempo de desarejamento (0 ou 1).

O modelo de regressão gerado é expresso pela equação 3.3:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + E \quad (\text{eq. 3.3})$$

Atendendo ao nível de significância associado a cada uma das variáveis dependentes (tabela A1.3-6, *vide* ponto A1.3, pág. 151), o modelo de regressão gerado é dado por:

$$Y = -5.0553X_1 + 5.9220 \quad (\text{eq.3.4})$$

Ou seja, neste modelo, as variáveis X_1 , e E estão significativamente relacionadas linearmente com a variável Y pois têm associado um *p-value* muito inferior a 0.05. Desta forma, verifica-se através deste estudo de regressão linear simples, que a concentração média de ar está inversamente relacionado com o tempo de desarejamento.

3.3.1.2. Ensaio de diluição proporcionada

- **Descrição do método de ensaio**

Realizaram-se nove ensaios de diluição proporcionada (R1 a R9) utilizando a água carbonatada produzida nas etapas anteriores do processo, e um sumo concentrado de maçã com 70°B. Para se obter a proporção pretendida de concentrado/água foi feito o ajuste das cabeças de pistão da Bd. De cada ensaio de diluição foram retiradas diversas amostras de refrigerante. A recolha das amostras foi efetuada utilizando a enchedora manual em contrapressão. As amostras foram recolhidas em garrafas de vidro imediatamente capsuladas após o enchimento manual.

- **Resultados obtidos**

Conforme apresentado na tabela 3.5, em cada ensaio foram analisadas diversas amostras de refrigerante quanto ao Brix (expresso em °B) e, na maioria dos casos, à concentração de dióxido de carbono (expressa em g/L).

Tabela 3.5 - Resultados obtidos nos diversos ensaios de diluição proporcionada

ENSAIO		VARIÁVEIS OPERACIONAIS			AMOSTRAS DE BEBIDA FINAL									
<u>Id</u>	Proporção (concentrado:água)	Água utilizada (Ensaio)	<u>CdI</u> (mm)	<u>CdIDC</u> (mm)	n.º 1 e 6		n.º 2 e 7		n.º 3 e 8		n.º 4 e 9		n.º 5 e 10	
					<u>CO₂</u> (g/l)	<u>Brix</u> (°B)	<u>CO₂</u> (g/l)	<u>Brix</u> (°B)	<u>CO₂</u> (g/l)	<u>Brix</u> (°B)	<u>CO₂</u> (g/l)	<u>Brix</u> (°B)	<u>CO₂</u> (g/l)	<u>Brix</u> (°B)
R1	1:20	A2.1	1	20	6.11	0.59	6.24	0.60	5.33	0.59	6.36	0.60	6.10	0.59
					6.04	-	5.19	-	3.90	-	3.96	-	5.46	-
R2	20:1	A2.2	20	1	ND	69.96	ND	69.94	ND	69.95	ND	69.97	ND	69.97
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R3	1:1	A2.3	10	10	ND	25.51	ND	25.54	ND	25.58	ND	25.59	ND	25.59
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R4	1:1	A2.4	10	10	ND	28.50	ND	28.50	ND	28.51	ND	28.50	ND	28.52
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R5	1:10	A2.4	1	10	5.97	1.38	6.41	1.38	5.32	1.38	5.71	1.39	6.12	1.38
					4.12	ND	5.60	ND	4.15	ND	5.14	ND	5.15	ND
R6	1:5	A2.4	2	10	ND	3.90	ND	3.91	ND	3.90	ND	3.90	ND	3.90
					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R7	1:20	A3.1	1	20	6.06	0.91	6.64	0.92	4.52	0.95	6.79	0.91	6.52	0.92
					6.54	ND	6.69	ND	4.90	ND	6.74	ND	6.16	ND
R8	1:10	A3.2	1	10	4.62	1.24	4.93	1.23	4.88	1.24	6.17	1.23	5.23	1.24
					5.27	ND	6.22	ND	4.56	ND	3.88	ND	4.57	ND
R9	1:5	A3.3	2	10	3.19	2.97	4.20	2.96	3.81	2.97	4.07	2.97	3.17	2.97
					4.22	ND	3.17	ND	3.20	ND	1.05	ND	4.33	ND

Legenda: ND – não foi determinado; - amostra não recolhida

- **Análise e discussão dos resultados**

- a) Estatística descritiva univariada

Neste estudo consideraram-se todos os valores medidos de concentração de dióxido de carbono e de Brix relativos às amostras de refrigerantes produzidos na etapa de diluição proporcionada.

Através da aplicação R construiu-se a tabela 3.6 e os *boxplots* da figura 3.5 onde são descritas as medidas de posição e de localização na distribuição relativos aos valores obtidos de concentração de dióxido de carbono obtidos em cada ensaio. Para termo de comparação, adicionou-se também as medidas relativas à água carbonatada utilizada. Relativamente ao Brix, dada a baixa dispersão dos valores obtidos (Q3-Q1), calculou-se apenas a média de cada ensaio, conforme mostra a tabela 3.7.

Tabela 3.6. – Medidas de posição e de localização na distribuição de valores medidos de dióxido de carbono (g/L) em cada um dos ensaios de diluição proporcionada.

ENSAIO		Dióxido de carbono (g/L)						
Produto	Proporção	Min	Q1	m	M	Q3	Máx	Q3-Q1
A2.1	-	4.77	6.10	6.31	6.40	6.93	7.63	0.83
R1	1:20	3.90	5.23	5.75	5.47	6.11	6.36	0.88
A2.4	-	4.15	5.90	6.45	6.31	6.93	8.74	1.03
R5	1:10	4.12	5.14	5.46	5.37	5.91	6.41	0.76
A3.1	-	6.63	6.81	6.98	7.08	7.34	7.81	0.54
R7	1:20	4.52	6.09	6.53	6.16	6.68	6.79	0.59
A3.2	-	6.87	7.09	7.41	7.39	7.69	7.96	0.60
R8	1:10	3.88	4.58	4.91	5.03	5.26	6.22	0.68
A3.3	-	2.21	6.86	7.19	6.98	7.64	8.43	0.78
R9	1:5	1.05	3.18	3.51	3.44	4.17	4.33	0.99

Tabela 3.7. – Medidas de posição e de dispersão na distribuição de valores medidos de Brix em cada um dos ensaios de diluição proporcionada.

Fração	20:1	1:1		1:5		1:10		1:20	
Ensaio	R2	R3	R4	R6	R9	R5	R8	R1	R7
m	69.96	25.56	28.51	3.90	2.97	1.38	1.24	0.59	0.92
Q3-Q1	0.03	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03

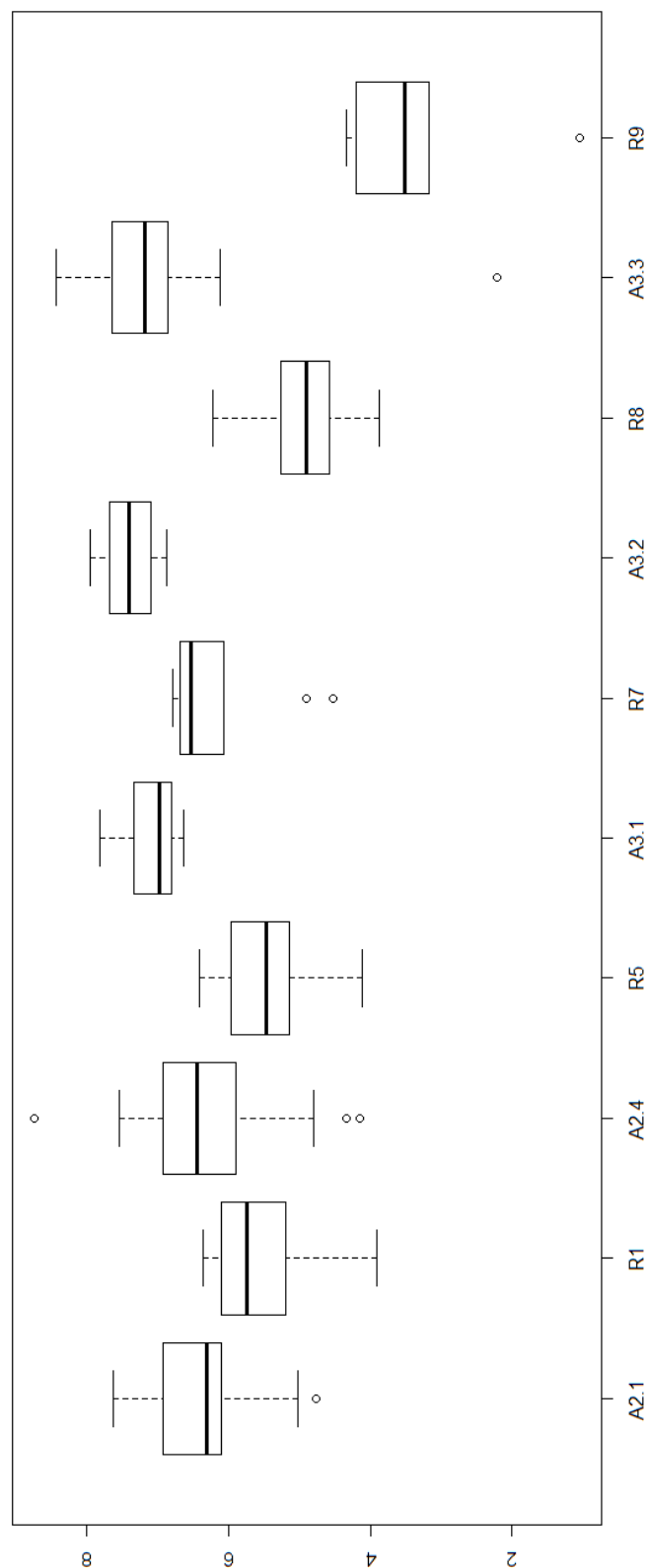


Figura 3.5 – Comparação dos *Boxplots* de cada refrigerante (R1, R5, R7, R8 e R9) e da água utilizada no seu fabrico (A2.1, A2.4, A3.1, A3.2 e A3.3)

Da análise dos dados da tabela 3.6 e dos *boxplots* da figura 3.5 constata-se uma redução do valor de carbonatação do refrigerante relativamente à água carbonatada utilizada no seu fabrico. Esta perda de carbonatação associada à diluição de concentrado é tanto maior quanto maior for a fração (ou proporção) concentrado/água. Por exemplo, as águas dos ensaios do grupo A3, que apresentam uma concentração de dióxido de carbono próxima entre si, quando são misturadas com frações de 1:20, 1:10 e 1:5 sofrem respetivamente uma redução de cerca de 6.5, 33.7 e 51.2%. Para frações iguais e superiores a 1:5 constatou-se a ocorrência de espumação vigorosa durante a recolha das amostras que dificultou substancialmente o respetivo enchimento manual em garrafa. Por essa razão optou-se por não realizar recolha de amostras para análise do nível de carbonatação.

Da análise dos valores de Q3-Q1 na tabela 3.6 constata-se, para praticamente todos os ensaios (exceto o ensaio R5), um aumento da dispersão dos valores de concentração de dióxido de carbono. Tal aumento é devido ao efeito da diluição na decarbonatação das amostras durante as etapas de enchimento e encapsulamento, sendo tanto mais acentuado quanto maior for a proporção de diluição. Apesar deste aumento na dispersão dos valores de concentração de dióxido de carbono, verifica-se que as amostras recolhidas dos ensaios R5, R7 e R8 cumprem o intervalo de tolerância para o valor de concentração de dióxido de carbono, estipulado pela UNICER, de 0.8g/L (ou $\pm 0.40\text{g/L}$).

De acordo com os dados da tabela 3.7, e tal como seria de esperar, verifica-se a existência de uma relação direta entre a fração de concentrado/água e o valor médio de Brix. No entanto, utilizando a mesma proporção de concentrado/água em ensaios diferentes, obtém-se valores médios de Brix diferentes. Esta diferença deve-se ao modo como foi conduzida a etapa de diluição proporcionada. Durante esta etapa, deveriam ter sido feitas leituras do Brix, para que com o ajuste das cabeças da Bd se obtivessem valores mais aproximados deste parâmetro.

Analisando os valores de Q3-Q1, pode afirmar-se que as amostras recolhidas em todos os ensaios cumprem o intervalo de tolerância, estipulado pela UNICER, de 0.40°B (ou $\pm 0.20^{\circ}\text{B}$).

Relacionando os valores médios de Brix dos ensaios R4, R5 e R6 com o valor esperado tendo em conta o valor de especificação do concentrado (70°B) e a proporção utilizada, constata-se a existência de um desvio (tabela 3.8).

Tabela 3.8 – Relação do Brix obtido nos ensaios R4,R5 e R6 com o valor de Brix esperado.

Proporção	% Concentrado	Valor médio do Brix ($^{\circ}\text{B}$)	Brix esperado ($^{\circ}\text{B}$)	Desvio (%)
1:1	0.50	28.51	35.00	18.5%
1:5	0.17	3.90	11.67	66.6%
1:10	0.09	1.38	6.36	78.3%

Este desvio, que poderá ter origem num mau funcionamento da Cd1 da Bd, é bastante acentuado sobretudo para as proporções habitualmente utilizadas na formulação de refrigerantes, i.e. entre 1:6 e 1:10.

3.3.2. Testes de higienização

Os testes de higienização visam conhecer o desempenho do MCM durante a realização de programas CIP completos. Efetuou-se então uma lavagem CIP com água limpa não tendo sido observados quaisquer ocorrências de fugas através das junções entre as diversas peças e tubagens que compõem o MCM.

Dado que a natureza dos resíduos que habitualmente presentes nas superfícies do equipamento ser predominantemente orgânica, o agente alcalino (soda) desempenha um papel preponderante no processo de higienização.

Na IP da UNICER a soda utilizada nas operações de limpeza CIP é habitualmente recuperada em tanques específicos. Por não existir uma tubagem que permita a canalização da soda esgotada do MCM até ao tanque de soda recuperada, optou-se por não realizar limpeza CIP com este agente.

Também não foi realizada a higienização com os agentes habitualmente não recuperados (i.e. o ácido e o desinfetante) devido à inexistência de tubagens que permitam um escoamento seguro, desde a abertura controlada pela válvula Vesg até ao esgoto.

Produção de cerveja e outras atividades de I&D

4.1. Produção de Cerveja

A OC é uma instalação que compreende dois espaços: a mini-maltaria (MM) dedicada ao estudo de produção piloto de maltes e a mini-fábrica de cerveja (MF), quase exclusivamente dedicada à produção da gama de cervejas artesanais da UNICER, a Super Bock Seleção 1927. Esta gama, lançada em 2013 inclui diversos estilos de cervejas criadas por mestres cervejeiros. Da atual gama disponível constam a *Czech Golden Lager*, a *Bengal Amber IPA*, a *Munich Dunkel* e a *Bavaria Weiss* (figura 4.1). Estas cervejas estão disponíveis no mercado (*on-trade* e *off-trade*) na forma de barril de 30L e de garrafa 0,75L. Outra utilização desta instalação é o enchimento de cervejas *Super Bock* e *Carlsberg* para edições especiais ou destinadas ao mercado externo.



Figura 4.1 - Gama disponível de Super Bock Seleção 1927 (adaptado de SUPER BOCK, 2016)

A IPC é uma área de produção destinada ao estudo e desenvolvimento de cervejas, e tal como a OC, agrupa num mesmo espaço todo o equipamento necessário ao fabrico de cerveja.

4.1.1. Produção de cerveja na OC

Na MF foi realizado, com o apoio dos técnicos, um acompanhamento geral das etapas iniciais do processo de produção de cerveja, nomeadamente a receção, pesagem e moagem de maltes; o fabrico do mosto (que inclui a empastagem de malte e caldas, filtração, ebulição, e clarificação), a fermentação do mosto arrefecido, a maturação/estabilização e a filtração da cerveja (clarificação). Porém, foi prestado de uma forma completamente autónoma, um maior contributo na execução das etapas finais do processo, nomeadamente o enchimento de barris, a pasteurização da cerveja, a rotulagem, e a transferência das paletes de produto acabado para a logística. Na tabela 4.1 encontram-se esquematizadas as operações de produção e de controlo de qualidade acompanhadas e executadas.

4.1.1.1. Enchimento manual de barris

A etapa de enchimento de barris na MF implica a realização de um conjunto de procedimentos, a começar pela verificação da existência de barris vazios em número suficiente, que são provisionados, após solicitação, pela logística da UNICER em paletes de seis unidades. Segue-se a montagem e esterilização do equipamento de enchimento; a medição e ajuste dos níveis de gases solúveis (dióxido de carbono e oxigénio) na cerveja filtrada e por fim o enchimento propriamente dito.

Da montagem destinada ao enchimento de barris consta um tubo de aço em T que une a abertura do fundo do tanque de cerveja filtrada (TCF) a duas mangueiras pelas quais circula a cerveja até chegar a dois contadores de volume. De cada um dos contadores parte uma mangueira de menor calibre em cuja extremidade oposta está aplicado um dispositivo de encaixe ao bocal dos barris, e que permite o enchimento em contrapressão. Este dispositivo está equipado com um manómetro e um parafuso de escape cujas funções são medir e regular a pressão interna do barril.

Tabela 4.1 - Operações de produção e medidas de controlo de qualidade no fabrico de cerveja na MF

Operação de produção	Medidas de controlo de qualidade
Receção de matérias-primas e materiais de embalagem	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de amostras de cada remessa de maltes para determinação de humidade, extrato (ou rendimento), coloração e aspeto do mosto produzido. - Recolha de amostras de lúpulo para verificação do certificado de análise. - Verificação da conformidade dos materiais de embalagem (garrafas, rolhas, cápsulas, rótulos, <i>muselets</i> e caixas) a cada remessa.
Fabrico do mosto	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha à saída da cuba-filtro de amostras de mosto e de últimas águas de lavagem de <i>dreche</i> para determinação do pH e do Extrato. - Recolha de amostras de mosto da caldeira de ebulição no início e no final da ebulição para determinação do pH e do Extrato. - Recolha de amostras de mosto à saída do arrefecedor para determinação do Extrato, pH, coloração, amargor, atenuação real limite, e conteúdo microbiológico,
Sementeira, Fermentação e Maturação	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de amostras dos tanques de armazenamento de leveduras para determinação de bactérias do mosto, bactérias lácticas, viabilidade e contagem de células de levedura. As amostras retiradas dos tanques de propagação devem ser analisadas quanto à presença de bactérias do mosto e bactérias lácticas. - Recolha de amostras de cerveja do tanque de fermentação em diferentes momentos da fermentação. Antes do início da fermentação (até 24h após a sementeira), para contagem de células de levedura. Durante a fermentação, para determinação do extrato aparente. No final da fermentação, para determinação do extrato primitivo, extrato aparente, extrato real, álcool, atenuação real, pH, coloração, amargor, e SO₂. - Recolha de amostras de cerveja durante a maturação para determinação do diacetilo até que se atinja o valor especificado. - Recolha de amostras de água da rede destinada à lavagem dos TF's quer à entrada dos tanques quer após a realização de higienização CIP para pesquisa de desinfetante e contagem total.
Filtração da Cerveja (clarificação)	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de amostras de água de diluição à entrada do TCF para pesquisa de microrganismos nocivos e controlo sensorial. - Recolha de amostras de cerveja filtrada para determinação de diversos parâmetros: extrato primitivo, extrato aparente, extrato real, álcool, atenuação real, pH, coloração, turvação a 20°C, amargor, dióxido de carbono, oxigénio dissolvido. São também retiradas amostras para análise sensorial. - Recolha de amostras de água de enxaguamento dos TCF's após a lavagem para pesquisa de desinfetante.
Enchimento	<ul style="list-style-type: none"> - Controlo visual de garrafas vazias antes do enchimento. - Recolha de garrafas da enchedora no início do enchimento para determinação de oxigénio dissolvido, dióxido de carbono, inserção de rolha, nível de enchimento, aspeto da rolha e <i>muselet</i>.
Pasteurização	- Determinação a cada pasteurização das unidades de pasteurização no pasteurizador.
Higienização	- Dos tanques de soluções de CIP (da zona de fabrico e das adegas) são retiradas amostras com vista à determinação da concentração de soda e de ácido.

A esterilização da montagem consiste em fazer passar água a temperaturas altas, capazes de eliminar toda a componente microbiológica que se encontre no circuito em contacto com a cerveja. Para tal, a extremidade do tubo T usada na união com a abertura do fundo do TCF é ligada a uma abertura do painel da adega por onde sai água quente. O tempo de circulação de água quente é controlado através do autómato da MF.

A medição da concentração de gases solúveis na cerveja filtrada (dióxido de carbono e oxigénio) é efetuada utilizando um aparelho automático portátil, que é ligado através de uma pequena mangueira à abertura do TCF onde é feita a recolha de amostras. Este aparelho (figura 4.2), além de determinar a concentração de dióxido de carbono segundo a Lei de Henry (i.e., com base na medição da pressão total da fase gasosa e da temperatura) procede também a uma medição precisa do oxigénio presente no meio utilizando o princípio da fotoluminescência molecular. A concentração medida de dióxido de carbono na cerveja deverá



Figura 4.2 - Medidor de gases dissolvidos Pentair/Haffmans

estar entre 5.00 e 5.40g/L. Valores inferiores tornam a bebida desinteressante do ponto de vista sensorial (cerveja “morta”), enquanto valores elevados podem provocar rebentamentos dos vedantes dos barris durante a pasteurização e prejudicar a avaliação sensorial da mesma. O oxigénio deve estar presente em baixas concentrações inferiores a 250 ppb para que não ocorram reações de oxidação na matriz da bebida durante e após a pasteurização, comprometendo a qualidade do produto.

Quando os valores de concentração lidos não se encontram dentro dos limites estipulados torna-se necessário realizar procedimentos de ajuste. No caso do dióxido de carbono, conforme a concentração se encontre abaixo ou acima dos limites, deverá ser feita a carbonatação ou decarbonatação da cerveja. Para que ocorra carbonatação, deverá, em primeiro lugar, garantir-se que o TCF se encontra devidamente pressurizado, podendo ser necessário a adição de dióxido de carbono ao *headspace* do tanque de modo a que a pressão

interna atinja um valor de pelo menos 1.0-1.3 bar. De seguida, é feita a injeção do mesmo gás através de uma abertura localizada no fundo do tanque para que este se difunda e fique retido homogeneamente na matriz da bebida. Esta injeção deve ser feita gradualmente até que seja atingido um valor de concentração contido no intervalo mencionado. Na situação oposta em que a concentração é demasiado elevada, deverá descarbonatar-se a bebida e, de seguida voltar-se a carbonatar. A descarbonatação da bebida obriga a uma despressurização do tanque, na qual todo o gás contido no *headspace* e parte do que se encontra dissolvido é libertado através de uma abertura localizada no topo do tanque. Para facilitar a libertação de gás (dióxido de carbono e/ou oxigénio) no interior da bebida, sobretudo quando a temperatura da bebida é muito baixa e o tanque se encontra muito carregado, pode proceder-se à injeção de dióxido de carbono pelo fundo. Desta forma, o gás injetado arrasta o gás dissolvido sendo ambos libertados pela abertura do topo.

Os procedimentos de ajuste são em alguns casos bastante morosos, particularmente quando o TCF apresenta um nível mais reduzido de cerveja. A aquisição recentemente de um módulo carbonatador/diluidor permitirá proceder a estes ajustes de uma forma mais expedita e eficaz.

No decorrer do enchimento propriamente dito é necessário ter alguns cuidados. Antes da colocação do dispositivo de enchimento deverá ser feita a esterilização do bocal dos barris com álcool etílico 90% para que sejam minimizadas possíveis contaminações que levem à deterioração do produto durante o período que antecede a operação de pasteurização. Para garantir que o produto não sofre descarbonatação no TCF, é necessário que durante todo o período em que é feito o enchimento, o tanque se encontre convenientemente pressurizado. O grau de descarbonatação que se verifica no interior dos barris está diretamente relacionada com a velocidade a que é feito o enchimento, que por sua vez depende do controlo da pressão interna através do parafuso de escape. A descarbonatação devida a uma velocidade de enchimento excessiva é observada pela libertação de espumas pelo parafuso. No final do enchimento dos barris é fundamental deixar-se um espaço vazio (*headspace*) suficiente para garantir que o aumento de pressão interna durante a operação de pasteurização não provoca rebentamento dos barris no pasteurizador.

Após o enchimento, o produto é transportado em paletes para um armazém até ser pasteurizado.

4.1.1.2. Pasteurização da cerveja

A etapa de pasteurização envolve o acondicionamento no pasteurizador dos barris e das garrafas (dispostas na vertical em tabuleiros perfurados), e posterior carregamento com água até um determinado nível. No caso dos barris, o nível deverá garantir a total submersão dos mesmos, enquanto nas garrafas é fundamental garantir que a água não atinja as rolhas de cortiça.

Numa das garrafas contendo cerveja a pasteurizar é inserido um termómetro termopar para monitorização da temperatura do conteúdo líquido ao longo do período de pasteurização.

Conforme o tipo de produto a pasteurizar, é introduzido, no controlo de pasteurização do autómato, uma sequência de 5 a 6 patamares de pasteurização. Cada patamar é caracterizado por um valor de temperatura e por um intervalo de tempo em que é mantida a respetiva temperatura. Os valores introduzidos de temperatura e tempo em cada patamar dependem do número de unidades de pasteurização estipuladas para o produto.

A observação do decurso desta operação pode ser acompanhada no autómato, no qual é exibido um gráfico da temperatura de pasteurização em todos os instantes.

Uma vez terminada a pasteurização, as garrafas ou os barris são retirados do pasteurizador. No bocal dos barris pasteurizados é colocada uma tampa preta indicativa de que o produto se encontra pasteurizado. Quando os barris já se encontram secos, é colado no bocal de cada barril um pequeno rótulo contendo o lote, os ingredientes, e a data de expiração do produto. Os barris são dispostos novamente em paletes de seis unidades envolvidas em filme plástico.

4.1.1.3. Transferência do produto acabado para a logística

Para que ocorra a transferência do produto acabado para a logística é necessário, em primeiro lugar atribuir, através do SAP, um código SSCC (*Serialized Shipping Container Code*) a cada palete de barris de cerveja. Esse código é impresso em etiquetas que são coladas em lados opostos das paletes sobre o filme plástico. Para que a logística receba no seu sistema



Figura 4.3 - Transferência de produto acabado para a logística

informação sobre o produto e proceda à sua recolha para o armazém sendo necessário fazer a leitura do código com um PDA equipado com leitor de código de barras (figura 4.3).

4.1.2. Produção de cerveja na IPC

No âmbito do apoio prestado em projetos de I&D, foram realizadas na IPC operações de limpeza e desinfecção das cubas de filtração de cerveja, de medição e ajuste dos níveis de gases na cerveja filtrada.

Para a higienização das cubas recorre-se a um sistema CIP controlado pelo automático da IPC. Em primeiro lugar é necessário ligar através de mangueiras, uma bomba à cuba a higienizar e ao painel de CIP, e ligar a cuba diretamente ao painel CIP. O objetivo é fazer circular os fluidos de limpeza/desinfecção desde a abertura “CIP-Chegada” do painel até ao interior da cuba, e daqui até à abertura “CIP-retorno” do painel. Desta forma, os fluidos, que saem do painel e entram na cuba através das mangueiras, regressam de novo ao painel, sendo encaminhados para o esgoto ou, no caso da soda, para tanques de recuperação. De seguida, é necessário através do automático proceder a correções na concentração dos fluidos por forma a garantir que a operação de higienização

decorra com a eficácia necessária. O controlo de início e fim de circulação dos fluidos é feito manualmente no autómato, devendo iniciar-se a operação de limpeza com água limpa, seguindo-se a soda, novamente água limpa, ácido e finalizando-se uma vez mais com água limpa. A água possibilita a remoção completa do agente de limpeza, evitando-se a ocorrência de reação entre o ácido e a base da qual resulta um sal. A desinfecção deve ser feita após a limpeza, fazendo-se circular o desinfetante pela montagem de forma análoga, finalizando-se a operação com água limpa.

A filtração da cerveja envolve a realização de uma série de procedimentos, nomeadamente a lavagem do interior das cubas (de fermentação e de armazenamento de cerveja filtrada) com água desarejada seguida de purga e pressurização com dióxido de carbono; a lavagem com água quente das aberturas dos tanques, e tubagens da linha de filtração, preparação da suspensão de *kieselgur* e a sua deposição sobre as placas verticais do filtro. Os modos de medição e ajuste dos valores de dióxido de carbono e de oxigénio na cerveja filtrada na IPC realizam-se de forma idêntica à da MF.

4.1.3. Atividades de gestão *Lean* na IPC e MF

De acordo com o sistema de gestão *Lean* implementado, a equipa de trabalho da IPC e MF reúne semanalmente em torno de um quadro (figura 4.4) onde são exibidas tarefas e incumbências dos colaboradores relativas a temas relevantes que, no seu conjunto, contribuem para uma produção mais eficiente e com maior qualidade. As reuniões seguem uma ordem de trabalhos que percorre os seguintes temas que compõem o quadro de gestão *Lean*:



Figura 4.4 – Quadro de gestão *Lean*

- a) *Pessoas*, onde são exibidos os direitos e deveres dos colaboradores, nomeadamente a planificação de férias, a incumbência de efetuar

inventários, moderar as reuniões *Lean*, e o registo de sua assiduidade nestas reuniões.

- b) *Qualidade*, onde são afixados os procedimentos para uma produção de elevada qualidade, nomeadamente o plano de recolha de amostras dos processos de fabrico e de higienização, o registo de reclamações, e de verificação das estações isco instaladas em ambas as instalações de produção.
- c) *Serviço*, que engloba as necessidades e objetivos de fabrico baseados nos pedidos de produto e a partir dos quais é delineado e afixado o plano de produção semanal.
- d) *Custos*, onde são atualizados e afixadas as perdas de fabrico.
- e) *Problemas*, onde são assinalados os problemas identificados em ambas as instalações de produção, e as ações a tomar em cada fase da metodologia PDCA de resolução de problemas.
- f) *Adega IP* e *Adega MF*, onde é indicado em que situação se encontram os tanques (TF e TCF's) das adegas de ambas as instalações de fabrico. Por exemplo, estas podem encontrar-se lavadas, por lavar ou o seu conteúdo estar a ser submetido a operações de fermentação, arrefecimento, filtração, ou enchimento.

No âmbito dos temas do quadro *Lean* foi feita a moderação das reuniões; procedeu-se à verificação das estações isco; às atualizações do inventário de matérias-primas e de materiais de embalagem; à atualização do plano de manutenção de equipamentos; à identificação e colaboração na resolução de problemas seguindo a metodologia PDCA. Adicionalmente foi dado o contributo na execução da operação de 5S's ao armazém e câmara fria da secção de I&D. Para tal, foi feita a separação e eliminação de objetos (garrafas de bebidas, caixas, matérias-primas, etc.) com base na sua utilização futura; procedeu-se à sua arrumação nos locais apropriados e à identificação para uma localização mais fácil.

4.2. Desenvolvimento de águas gasocarbônicas aromatizadas

No âmbito de um projeto de I&D, foram realizados testes laboratoriais com vista à reformulação de uma bebida refrigerante à base de água mineral natural gasocarbônica, adoçada com xarope de frutose e com aroma a limão, sendo comercializada com a designação fictícia “C”. O objetivo deste projeto consistiu na redução da carga calórica da bebida comercial evitando-se alterações significativas nas suas características sensoriais (i.e. sabor, aroma e aspeto visual). Para este propósito, estudou-se por meio de provas sensoriais, o efeito da redução da quantidade de adoçante habitualmente utilizada na formulação, o xarope de frutose. É sabido que a redução da quantidade de adoçante tem implicações no equilíbrio doce/ácido no sabor caso a quantidade de acidulante também não seja alterada. Por outro lado, uma redução da quantidade de acidulante é desencorajada dado o efeito da elevada alcalinidade da água utilizada na acidez da bebida. Desta forma, a par da redução no xarope de frutose estudou-se a introdução de outros ingredientes auxiliares, nomeadamente fibras e/ou intensificadores de sabor. As fibras além de atuarem como substitutos parciais dos açúcares, apresentam efeitos benéficos para a saúde do consumidor. As novas formulações produzidas laboratorialmente foram analisadas sensorialmente por meio de testes descritivos de Perfil Aromático.

Os testes analíticos de perfil aromático são realizados por um painel de provadores treinados e visam avaliar por descrição o aroma e o gosto de produtos frescos, neste caso as reformulações de “C”, tendo como comparação a própria bebida “C”, também ela produzida laboratorialmente. De acordo com procedimento seguido na UNICER, cada provador avalia globalmente cada amostra quanto ao sabor e ao aroma, usando uma escala compreendida entre +1 e -3, com a seguinte correspondência:

- +1 – Produto de ótima qualidade.
- 0 – Normal para este tipo de produto;
- 1 – Com defeitos aceitáveis para este tipo de produto;

- 2 – Com defeitos não aceitáveis para este tipo de produto;
- 3 – Com defeitos tão graves que requerem ação imediata.

Para ajudar na identificação de defeitos é fornecido ao provador uma lista de defeitos que este poderá utilizar, registrando o nome ou o código do defeito percebido em cada amostra. O provador faz o registo das observações num boletim de análise sensorial. O modelo de boletim e a lista de descritores de Perfil Aromático encontram-se nas figuras das secções A2.1. e A2.2. dos Anexos (pág. 152 e 153). Reunindo os boletins do conjunto do painel de provadores, calcula-se a média das avaliações e faz-se a seguinte correspondência:

Se a média estiver acima de -1,0 – Satisfatório;

Se a média estiver entre -1,0 e -1,4 – Não suficientemente satisfatório;

Se a média estiver abaixo de -1,4 – Não satisfatório.

Num segundo projeto de reformulação da mesma bebida comercial “C”, procurou-se reduzir a sua carga calórica substituindo completamente o xarope de frutose por menores quantidades de um concentrado de fruta e incorporando um intensificador de sabor. Foram testadas diversas quantidades de concentrado de fruta e diversos tipos de intensificador de sabor mantendo-se as mesmas quantidades dos restantes componentes da bebida “C”. As reformulações foram analisadas sensorialmente por meio de provas de Perfil Aromático e triangulares.

Nos testes triangulares são apresentadas ao provador três amostras codificadas que representam dois produtos, sendo que duas das amostras são do mesmo produto e a terceira de um diferente (SHACHMAN, 2005). É pedido aos provadores que provem as três amostras e que tentem identificar a amostra que é diferente das outras duas. Atendendo a que neste tipo de testes há uma probabilidade (33,3%) dos provadores identificarem corretamente ao acaso a amostra diferente, é necessário alcançar-se um número mínimo de respostas certas para se poder afirmar que existe diferença significativa entre os produtos. O número de respostas corretas necessárias para se obter uma diferença significativa para um dado nível de significância e para um determinado número de provadores pode ser obtido a partir de tabelas estatísticas (NORONHA, 2006). Apesar da natureza analítica dos testes triangulares, na

UNICER é pedido aos provadores que identificaram a amostra correta que indiquem qual a sua preferida. Na figura do ponto A2.3. dos Anexos (pág. 154) encontra-se o modelo de boletim para os testes triangulares.

Em todas as provas sensoriais realizadas foram utilizados refrigerantes pasteurizados, tendo estes sido servidos frescos (para se evitar a perda de dióxido de carbono) e nas mesmas quantidades. Antes da realização das provas foi feita a disposição dos lugares dos provadores na sala de provas e a codificação das amostras na sala de preparação de amostras. No lugar de cada provador foi colocado um boletim de análise, um guia com os descritores para o teste de Perfil Aromático, um copo de água e bolachas para limpar o paladar entre cada prova.

Ainda no âmbito de um projeto de I&D foi estudado o comportamento durante a etapa de pasteurização de uma bebida à base de água mineral natural gasocarbónica e aromatizada, consistindo numa reformulação da bebida comercial “C”. Este estudo decorreu no centro de produção da UNICER em Pedras Salgadas, tendo possibilitado uma visita às instalações onde são produzidas e engarrafadas a gama de sabores de Água das Pedras.

4.3. Ensaios de validação de uma linha de enchimento

Com o objetivo de se colocar em funcionamento uma linha de enchimento de cervejas artesanais na OC, foram realizados uma série de ensaios laboratoriais. Estes ensaios permitem verificar o desempenho do equipamento na operação de enchimento e encapsulamento de garrafas de vidro; prevenir a ocorrência de perdas de produto, nomeadamente rebentamentos durante a operação de pasteurização e salvaguardar a qualidade do produto final durante o tempo de vida após o processo de fabrico. Desta forma, foram realizados os ensaios de volume de líquido, cota de nível, estanquicidade, pressão de retenção e de controlo do diâmetro de capsulagem.

Os ensaios de volume de líquido visam determinar o volume médio de cerveja de um conjunto de garrafas retiradas em diferentes alturas da etapa de enchimento. A determinação do volume é feita com base no conhecimento da densidade da cerveja e na diferença de massas de cada uma das garrafas

(descapsuladas) cheias e após a completa remoção do seu conteúdo, incluindo a espuma.

Os ensaios de cota de nível têm como objetivo verificar se as garrafas retiradas em diferentes alturas da etapa de enchimento possuem uma cota de nível dentro dos limites (mínimo e máximo) especificados e, assim, identificar a ocorrência de problemas na operação de enchimento devidas, por exemplo, ao mau funcionamento da enchedora. Para se fazer a verificação cada uma das garrafas retiradas é comparada visualmente com outras duas garrafas iguais, uma com a cota mínima e a outra com a cota máxima. É feita a contagem do número de garrafas dentro e fora da especificação de cota de nível e o resultado convertido em percentagem.

Os ensaios de estanquicidade visam verificar se, no passo de encapsulamento do enchimento, as cápsulas foram colocadas convenientemente no bocal das garrafas por forma a garantir que não ocorrem fugas de gás durante a operação seguinte de pasteurização. Para tal, um certo número de garrafas capsuladas são mergulhadas num banho de água que é aquecido até uma temperatura de 75°C. Uma vez atingida esta temperatura procede-se à contagem do número de garrafas em cujas cápsulas é perceptível a ocorrência de fugas. A contagem deve realizar-se durante um período de 30 minutos. É feito o registo do número de garrafas cujas cápsulas verteram.

Os ensaios de pressão de retenção visam a verificação da variação de pressão interna das garrafas quando estas são sujeitas a determinadas temperaturas, por exemplo as que são utilizadas na operação de pasteurização. Para a realização deste ensaio deverá escolher-se um conjunto de garrafas com a mesma cota de nível, que deverá estar dentro do intervalo especificado. Uma das garrafas a ensaiar deve ser fixada num aparelho semelhante ao da figura 2.5 (*vide* página 40). O conjunto de garrafas a ensaiar assim como o aparelho com a garrafa a partir da qual vai ser feita a leitura são mergulhados num banho de água. O valor de pressão lida no aparelho deverá ser lido ao fim de 30 minutos à temperatura seleccionada. Possíveis rebentamentos deverão ser contabilizados.

Os ensaios de controlo do diâmetro de capsulagem têm como objetivo verificar, com base na medição daquela propriedade, se a inserção da cápsula

foi feita corretamente no bocal da garrafa. Este ensaio deverá ser realizado antes do ensaio de estanquicidade de modo que apenas as garrafas cuja cápsula apresenta um diâmetro dentro do intervalo de especificação (28.4 – 29.0 mm) sejam ensaiadas quanto à ocorrência de fugas num banho quente. Neste ensaio, as garrafas capsuladas, retiradas da linha de enchimento, são classificadas em “passa” ou “não passa” caso o diâmetro de cápsula medido com uma régua de calibre se encontre ou não, respectivamente, dentro do intervalo de especificação.

Conclusões

Neste trabalho, dedicado à temática do desenvolvimento e produção de bebidas, foi abordada a metodologia adotada, na primeira fase do projeto START_IPR, com vista ao arranque do MCM da IPR. Como foi mencionado no ponto 1.3 a metodologia consistiu na execução dos pontos apresentados na figura 5.1.

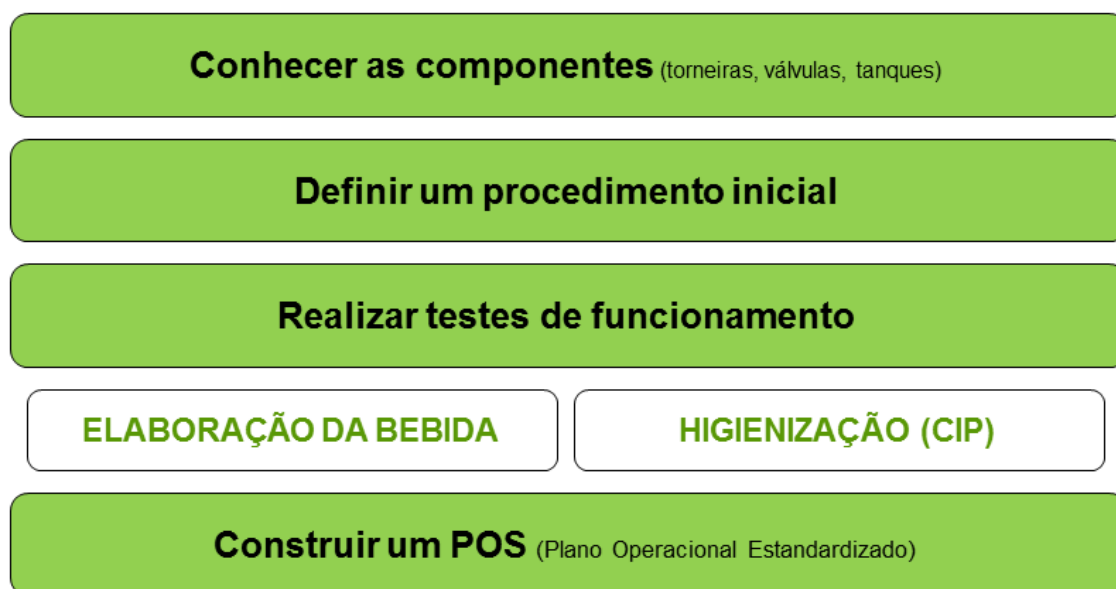


Figura 5.1 – Metodologia adotada no arranque do MCM durante a primeira fase do projeto START_IPR

Com a realização de testes de funcionamento pretendeu-se observar o desempenho do módulo, identificar problemas e aplicar ações corretivas nas etapas dos processos de elaboração de bebida e de higienização.

Após os ensaios de carbonatação de água, a realização da análise estatística descritiva permitiu verificar o efeito das dificuldades operacionais do modo de enchimento/encapsulamento na variabilidade dos valores de concentração de dióxido de carbono da água carbonatada que é produzida no TDC. Desta forma considera-se essencial a realização das etapas críticas de enchimento e encapsulamento de forma automatizada utilizando, por exemplo um equipamento como o ME. Da utilização deste módulo espera-se a obtenção de amostras de água carbonatada com concentrações de dióxido de carbono mais próximas entre si, resultando uma melhoria dos valores estatísticos de Q3-Q1. Através da realização de mais ensaios que apresentem uma menor dispersão de valores de concentração de dióxido de carbono será possível concluir-se acerca do bom funcionamento do TDC. Ou seja, poderá ser possível concluir cerca da existência de anomalias que impeçam a obtenção (com precisão) de águas carbonatadas com um determinado nível de carbonação pretendido.

Através da realização de estudos de regressão linear foi possível gerar modelos matemáticos capazes de descrever corretamente o efeito das condições operacionais das etapas de desarejamento e carbonatação na qualidade do produto obtido, neste caso as concentrações de dióxido de carbono e de ar na água carbonatada produzida no TDC. Estes modelos possuem também algum carácter preditivo que depende diretamente da qualidade de ajustamento da reta aos dados, que por sua vez é descrita pelo coeficiente de correlação (R^2). No caso do modelo de regressão múltiplo o R^2 é de 0.6543 e no modelo de regressão simples de 0.7952. Portanto, utilizando diferentes combinações das condições operacionais utilizadas nos ensaios realizados é possível obter águas carbonatadas com as combinações apresentadas na tabela 5.1

Tabela 5.1 – Previsão da concentração de dióxido de carbono nas águas carbonatadas no TDC utilizando o modelo de regressão múltipla

Temperatura (°C)	Tempo de carbonatação (min)	Concentração de dióxido de carbono esperada (g/L)
4.6 – 5.3	12	6.28
4.6 – 5.3	24	7.37
9.6	12	4.83
9.6	24	5.92

Apesar de se terem obtido poucos dados nos ensaios de diluição proporcionada, através da análise estatística realizada foi possível observar as associações esperadas do grau de descarbonatação e do Brix com a fração de concentrado/água que, no MCM. Esta análise estatística permitiu também identificar possíveis problemas que poderão explicar a obtenção de valores de Brix diferentes do esperado. O primeiro consiste na forma como é realizada a operação de diluição proporcionada. As leituras do Brix deverão iniciar-se durante a operação de diluição, de modo a que seja possível ajustar atempadamente as cabeças da Bd e assim atingir-se o valor pretendido daquela propriedade. O segundo consiste num possível mau funcionamento das Cd1 da Bd que, depois de resolvido possibilitará a obtenção de valores de Brix mais próximos do esperado. Uma vez superados estes constrangimentos deverão ser realizados novos ensaios cujos resultados permitam a construção de um modelo matemático capaz de relacionar adequadamente a concentração de dióxido de carbono do refrigerante com o seu Brix e com a concentração de dióxido de carbono da água utilizada.

Com base no que foi exposto sugere-se que, em fases futuras do projeto START_IPR, seja considerada a realização dos seguintes pontos de trabalho:

- **Colocar em funcionamento o módulo enchedor automático em contrapressão (ME).** Por se encontrar inoperacional desde há vários meses, o ME poderá necessitar de manutenção e calibração. Para ser utilizado no enchimento de garrafas com a bebida elaborada no MCM, o ME terá de ser ligado através de tubagens às aberturas controladas pelas válvulas de escoamento Ve2-1 e Ve2-2 do MCM.

- **Realização de programas CIP completos.** Em primeiro lugar, é necessário proceder-se à instalação de tubagens que permitam o retorno da soda aos tanques de recuperação. Para garantir que os agentes não recuperados (ácido e desinfetante) são encaminhados em segurança para o esgoto, será necessário instalar uma tubagem que permita o seu escoamento da IPR diretamente para o ralo, de modo a minimizarem-se derrames no chão da área da IP. Os programas de CIP completos deverão incluir as operações de limpeza (com mais do que um agente) e desinfecção, e serem aplicados aos módulos em utilização.
- **Possíveis adaptações e reparações do MCM.** No TDC poderá ser instalada uma sonda termopar para um correto controlo da temperatura da água a carbonatar. O temporizador de funcionamento da Bp poderá ser reparado para maior conforto na execução das operações de desarejamento e carbonatação da água. Deverá proceder-se à calibração de todas as cabeças da Bd.
- **Retomar a fase de testes ao funcionamento do MCM.** Uma vez cumpridos os pontos anteriores, poderá prosseguir-se a fase de teste de funcionamento do MCM iniciada neste projeto. Poderão repetir-se os ensaios já realizados por forma a melhorarem-se os modelos matemáticos desenvolvidos, e testarem-se as novas condições operacionais. Adicionalmente, o POS elaborado durante este projeto (*vide* ponto A1.2., pág. 137) poderá ser revisto e validado.
- **Desenvolver novas bebidas refrigerantes.** Uma vez garantido o correto funcionamento do MCM e ME poderá dar-se início ao desenvolvimento e fabrico de novas bebidas. Após o enchimento e encapsulamento das garrafas, deverá proceder-se à pasteurização do produto no tanque de pasteurização (TP).

Referências Bibliográficas

- AIRO. (2016). *Gestão da Produção - Optimizar a produção através do LEAN*. Obtido de Associação Empresarial da Região Oeste: www.airo.pt/Download.aspx?x=9f2f7246-3da6-44db-a0e0-49f0f64c49dd
- ANTON PAAR. (2016). *Anton Paar CarboQC Lab and At-line beverage carbonation meter*. Obtido de HOUM Laboratorieutstyr og intrumenter: http://www.houm.no/filestore/PDF/Anton_Paar/CarboQC_en.pdf
- APIAM. (2016a). *FAQ*. Obtido de Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente: <http://www.apiam.pt/faqs/?idsubarea=29>
- APIAM. (2016b). *Variedade e Diversidade*. Obtido de Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente: <http://www.apiam.pt/conteudo/Variedade-e-diversidade/-/5>
- APIAM. (2016c). *Rotulagem*. Obtido de Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente: <http://www.apiam.pt/conteudo/Rotulagem/-/51>
- ASHURST, P. (2005). *Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices*. Hereford (UK): Blackwell Publishing.

- ASHURST, P. (2011). The Stability and Shelf Life of Fruit Juices and Soft Drinks. In A. a. Associates, *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 571-593). UK.
- BEERADVOCATE. (2016). *Beer & Brewing Terminology*. Obtido de Beeradvocate: <https://www.beeradvocate.com/beer/101/terms/>
- BJCP. (2016). *Body and Mouthfeel*. Obtido de Beer Studies - Beer Appreciation and Exam Preparation: <http://www.bjcp.org/course/Class3Lesson1BodyandMouthfeel.php>
- BOAVENTURA, J. (2009). *Optimização do Processo de Filtração de Cerveja. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Química*. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- CBA. (2016). *The Anatomy of a Hop*. Obtido de Craft Beer Academy: <http://craftbeeracademy.com/hop-anatomy/>
- CRIALE. (2016). *O que é Lúpulo, afinal?* Obtido de CRIALE: <https://crialeimportadora.wordpress.com/2015/07/20/o-que-e-lupulo-afinal/>
- EBC. (2001). *Water in Brewing (Manual of Good Practice)*. (H. Carl, Ed.) Getranke-Fachverlag.
- EßLINGER, H. M. (2006). *Handbook of Brewing - Processes, Technology, Markets*. Freiberg-Germany: Wiley-VCH.
- FERNANDES, E. (2015). *O livro das cervejas - Super bock*. UNICER.
- FERNANDES, F. A. (2012). *Melhoria dos indicadores microbiológicos em linhas de enchimento de cerveja em barril. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar – Ramo Qualidade Alimentar*.
- FULLER, G. W. (2011). *New Food Product Development - From concept to marketplace* (3rd ed.). EUA: CRC Press.
- GROVER, C. (27 de Maio de 2014). *Rise and Fall of US Barley*. Obtido de The Drunk Alchemist: <http://drunkalchemist.blogspot.pt/2014/05/rise-and-fall-of-us-barley.html>

- HESPANHOL, S. I. (2010). *Optimização de Processos na Indústria Cervejeira. Tese de mestrado integrado em engenharia química.*
- IFT. (2007). *Sensory Science 101:Part II: Sensory Evaluation Methods*. Obtido em Agosto de 2016, de Institute of Food Technologists: <https://www.ift.org/~media/Knowledge%20Center/Learn%20Food%20Science/Outreach%20Presentations/IFTSensorySciencePartII.ppt>
- KUNZE, W. (1999). *Technology Brewing and Malting* (2.^a ed.). Berlim (Alemanha): VLB Berlin.
- LIDON, F., SILVESTRE, M. M. (2010). *Princípios de Alimentação e Nutrição Humana* (1.^a ed.). Lisboa: Escolar Editora.
- MARTINS, C. (2010). *O que é o ciclo PDCA?* Obtido de crm.carlosmartins.eu: <http://crmcarlosmartins.blogspot.pt/2010/12/o-que-e-o-ciclo-pdca.html>
- MOREIRA, S. (2011). *Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo. Trabalho Final de Mestrado - ISEL*. Lisboa.
- MURER, G. (2004). Selective CO₂ measurement for beverages with new multiple volume expansion method. 175-178. Brauwelt International.
- NORONHA, J. F. (1 de Agosto de 2006). *Apontamentos de Análise Sensorial: Análise Sensorial - Metodologia*. Obtido de http://www.esac.pt/noronha/A.S/Apontamentos/sebenta%20v1_2.pdf
- OLIVEIRA, A. R. (2012). *Aspectos biológicos, nutricionais e sensoriais de mexilhão (Mytilus sp.) produzido em aquacultura offshore*. Dissertação de Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar, Universidade Aberta, Faro.
- PAGOTTO, E. (2016). *Gestão de Mercados e Estratégia de Marketing*. Obtido de SlidePlayer: <http://slideplayer.com.br/slide/398669/>
- PRIEST, F. e STEWART, G.G. (2006). *Handbook of Brewing* (2nd ed.). Boca Raton, Florida, EUA: Taylor&Francis Group, LLC.
- RIBEIRO, T. (2011). *Desenvolvimento de um novo conceito de refrigerante. Dissertação de Mestrado. FCT-UNL*. (Monte da Caparica).

- RODRIGUES, R. (2016). *Sim, nós temos lúpulo brasileiro!* Obtido de All Beers: <http://www.allbeers.com.br/2015/03/sim-nos-temos-lupulo-brasileiro.html>
- RODRIGUES, S. (2011). Passagem da Análise de Contagem de Células de Levedura para Autocontrolo pelo Método Sysmex. *Dissertação de Mestrado FCT-UC. Coimbra (Portugal)*.
- ROSA, R. (2016a). *Atenuação e outras variáveis da fermentação*. Obtido de Blog da Cervejarte: <http://cervejarte.org/blog/calcularte/atenuacao-e-outras-variaveis-da-fermentacao/>
- ROSA, R. (2016b). *Gravidade específica e extrato*. Obtido de Blog da Cervejarte: <http://cervejarte.org/blog/calcularte/gravidade-especifica-e-extrato/>
- SÁ, J. (2013). Implementação de Técnicas e Ferramentas Lean na Produção de Cerveja. *Dissertação de Mestrado, EE-UM. Minho*.
- SACHMAN, M. (2005). *The Soft Drinks Companion - A Technical Handbook for the Beverage Industry*. Boca Raton, EUA: CRC Press.
- SIMÕES, M. (1998). Contribuição para o Conhecimento Hidrogeológico do Cenozóico na Bacia do Baixo Tejo. *Dissertação apresentada à Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Hidrogeologia*. Monte da Caparica, Portugal.
- SOUSA, M. J. (2005). Obtenção de plantas de *Humulus lupulus* L.resistentes a vírus. *Dissertação de Doutoramento em Biologia Vegetal*. Lisboa.
- SPI. (2016). 3.4 *O desenvolvimento de um novo produto*. Obtido de SPI: http://www.spi.pt/documents/books/inovint/ippo/acesso_ao_conteudo_integral/capitulos/3.4/cap_apresentacao.htm
- SUPER BOCK. (2016). *Seleção 1927*. Obtido de Super Bock: <http://www.superbock.pt/pt/pt/selecao-1927/#selecao-1927/seleccao-1927>
- UNICER. (2016a). *As nossas marcas*. Obtido em 11 de Janeiro de 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/as-nossas-marcas>

UNICER. (2016b). *Centros de Produção*. Obtido em Janeiro de 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/centros-de-producao>

UNICER. (2016c). *História*. Obtido em Janeiro de 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/historia>

UNICER. (2016d). *Marcas/Cervejas*. Obtido em Agosto de 2015, de UNICER: <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/marcas/ervejas/historia-da-erveja>

UNICER. (2016f). *Sobre Nós*. Obtido em Janeiro de 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/sobre-nos>

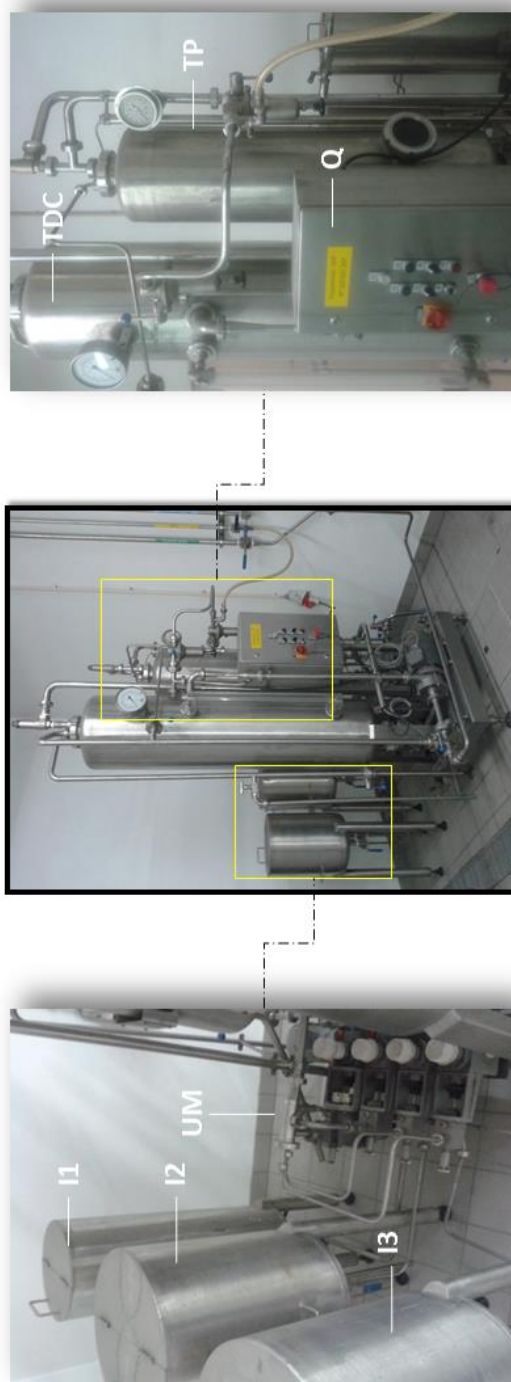
UNICER. (2016g). *Marcas/Águas*. Obtido em 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/marcas/aguas/historia-da-agua>

VAITSMAN, D. S. (2005), *Água Mineral*. Coleção Interdisciplinar. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 210p.

Anexos

A1. Arranque da instalação piloto de refrigerantes da UNICER

A1.1. Caracterização do módulo carbonatador/misturador



Legenda:
 I1 - Reservatório de ingredientes 1
 I2 - Reservatório de ingredientes 2
 I3 - Reservatório de ingredientes 3
 UM - Unidade de mistura
 TDC - Tanque de desareamento/ carbonatação
 TP - Tanque de produto
 Q - Quadro de distribuição

Figura A1.1.a) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - diferentes perspetivas

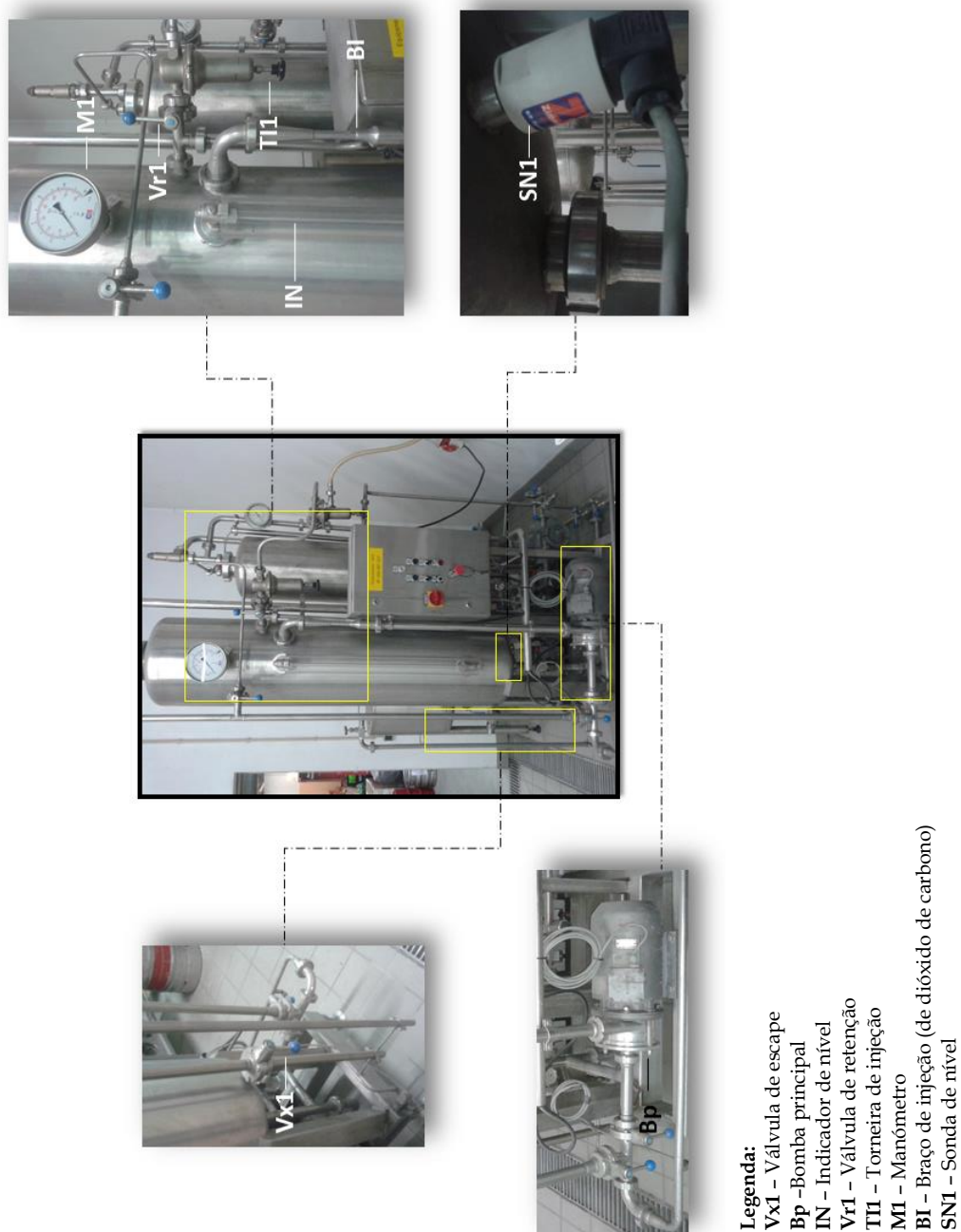


Figura A1.1.b) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - Tanque desarejamento/carbonatação (TDC)

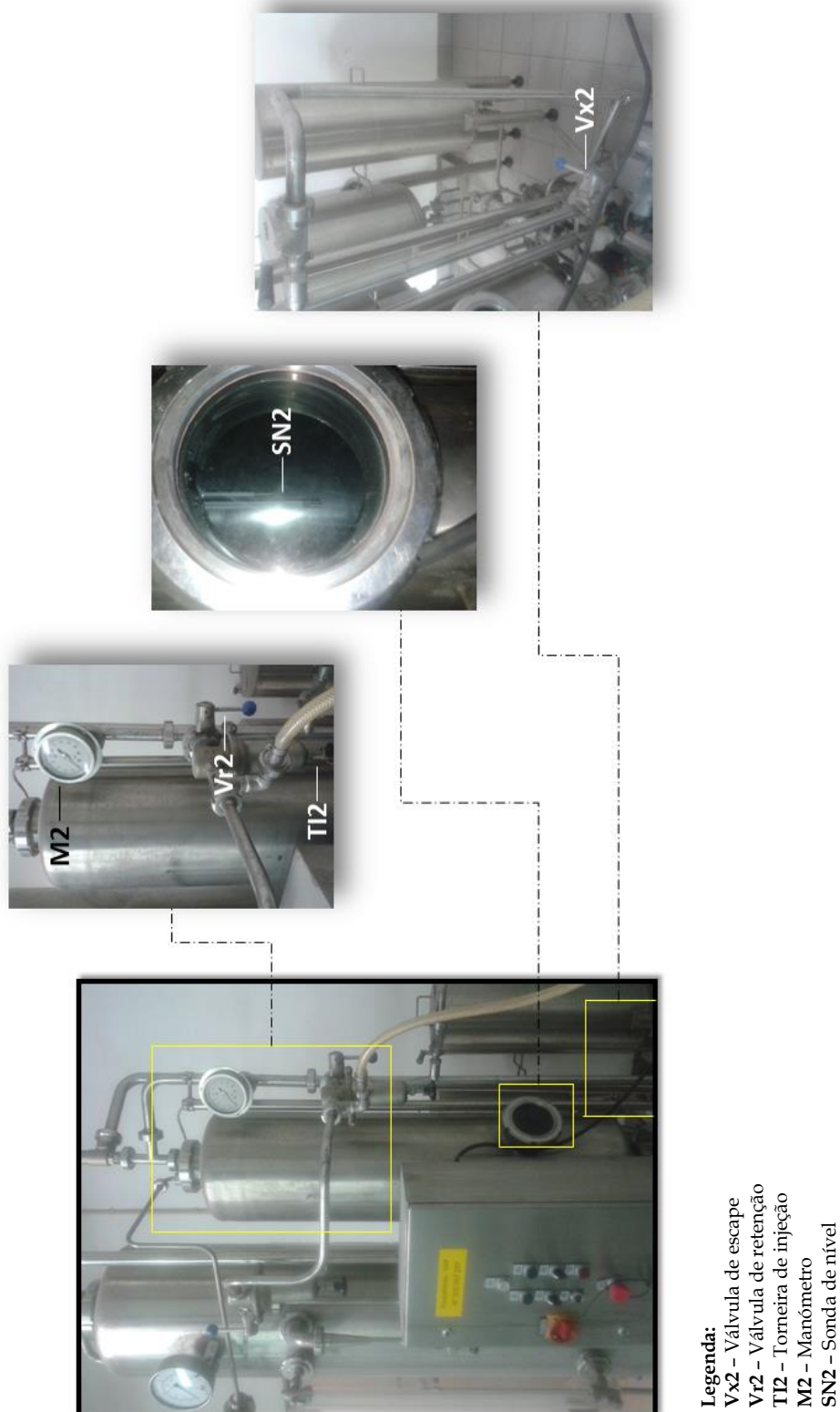
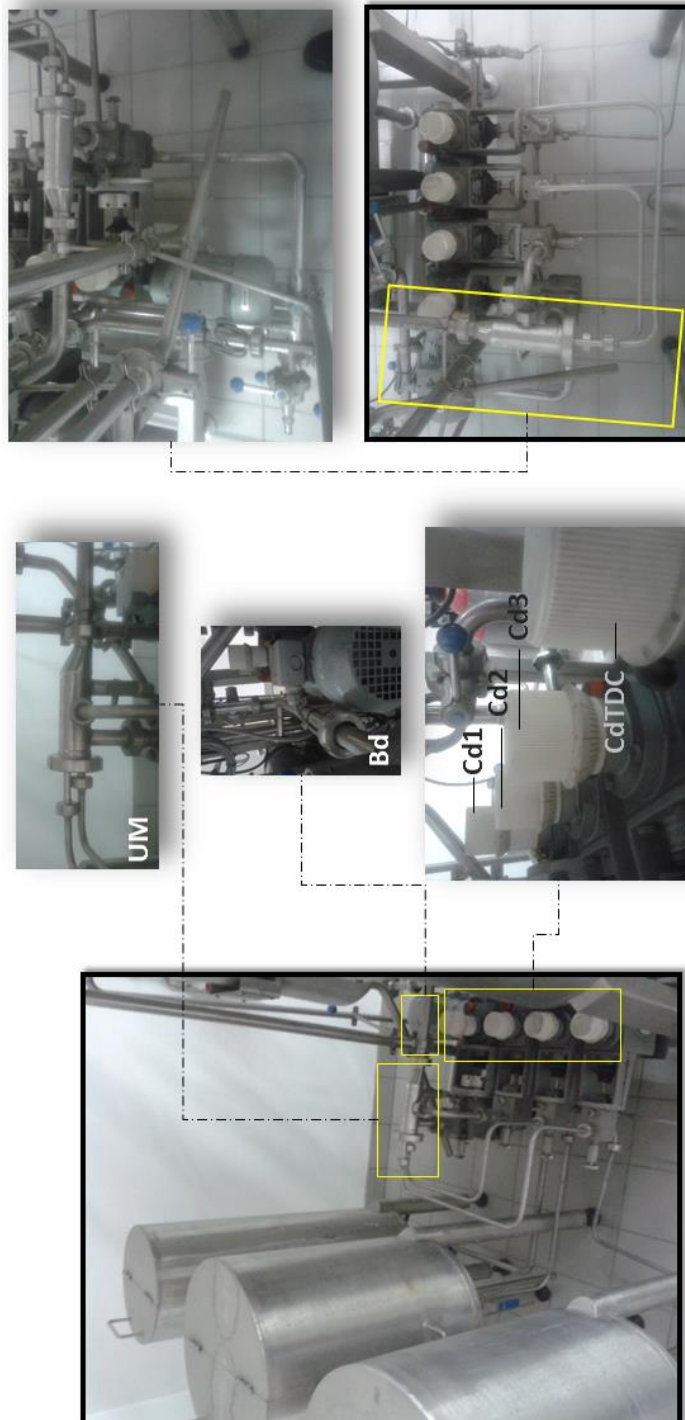


Figura A1.1.c) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - Tanque produto (TP)



Legenda:

UM - Unidade de mistura

Bd - Bomba dosadora

Cd1 a Cd3 - Cabeças doseadoras de ingredientes (relativos aos reservatórios 1 a 3)


CdTDC - Cabeça doseadora relativa ao TDC

Figura A1.1.d) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - Unidade de Mistura (UM)




Figura A1.1.e) - Módulo carbonatador/misturador (MCM) - Quadro (Q)

A1.2. Procedimento operacional padrão de fabrico no MCM da IPR


Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR	
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água			Pág. 1 de 1:1	Data emissão:

1. LIGAR O MCM
Rodar o botão ON/OFF para a posição vertical




Botão ON/OFF do MCM

2. DIRECIONAR NO AUTÓMATO A ÁGUA GELADA PARA A INSTALAÇÃO PILOTO DE REFRIGERANTES



Torneira de alimentação de água gelada



Menu "ÁGUA"

2.1. Abrir a torneira de alimentação de água gelada.

2.2. Selecionar "ÁGUA" no menu do autómato. Do lado direito do ecrã, em "ÁGUA", clicar com o botão esquerdo em "AUTOMÁTICO" e, na janela que entretanto se abre, seleccionar "MANUAL".

2.3. Clicar com o botão direito do rato em V601.

2.4. Clicar no botão esquerdo do rato em B404 e, na janela que entretanto se abre, seleccionar "ON". Quando cor passa de amarelo a verde, a bomba é ligada.

Documentos relacionados:												
Nº documento POSXXXXXX.XX	Formação sobre o POS	Data:										
		por:										
		para:										

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR	
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água			Pág. 2 de 11	Data emissão:

3. ARREFECER O TANQUE DE DESAREJAMENTO/CARBONATAÇÃO (TDC)



3.1. Fechar as válvulas V, Va2, Va3, Ve1-1, Ve1-2, Ve2-1 e Ve2-2 e Vr2.

3.2. Abrir as válvulas Vx1, Vesg e Va1.

3.3. Abrir a torneira de alimentação de água gelada, verificando que esta percorre a tubagem e que sai na válvula Vesg.

3.4. Medir a temperatura que sai através da válvula Vesg e registar o valor após estabilização.



Documentos relacionados:												
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
POSXXXXXX.XX		por:										
		para:										

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio		Unicer	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR			
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água			Pág. 3 de 1:1	Data emissão:		

4. CARREGAR O TDC COM ÁGUA GELADA

4.1. Fechar a válvula de esgoto (Vesg)

4.2. Deixar que o nível da água atinja o nível pretendido no tubo indicador de nível (IN), no fundo (~30L), a meio (~80L). Nessa altura fechar a torneira de alimentação de água gelada.

4.3. No autómato, seleccionar "OFF" na janela "B404" para desligar a bomba de circulação de água no tanque de água gelada.





5. DESAREJAR O TDC

5.1. Fechar a válvula de escape (Vx1)

5.2. Abrir a válvula de retenção de CO2 (Vr1)




Documentos relacionados:												
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
POSXXXXXX.XX		por:										
		para:										

Procedimento Operacional Standard				Centro de Produção: Leça do Balio		Unicer	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação		Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR			
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água				Pág.4 de 11		Data emissão:	
<p>5. DESAREJAR O TDC (continuação)</p> <p>5.3. Abrir ligeiramente a torneira de alimentação de CO₂ (i.e, até ¼ de volta) elevando a pressão interna medida no manómetro (M1) até 1 bar. Nessa altura abrir a válvula de escape (Vx1) até que a pressão reduza a metade.</p> <p>5.4. Repetir o passo 5.3 duas vezes, fechando-se no final a válvula de escape (Vx1).</p> <p>6. DESAREJAR A ÁGUA NO TDC</p> <p>Na altura em que a pressão volta a atingir 1bar:</p> <p>6.1. Abrir a válvula de escape (Vx1) e aumentar o caudal de entrada de CO₂ abrindo-se mais a torneira de alimentação de CO₂ (até 1/2 de volta) de modo a manter-se a pressão constante a 1 bar.</p> <p>6.2. Rodar para a direita o botão "Bomba Principal (Arranque)" para ligar a bomba de recirculação de água (Bp) e iniciar a contagem do tempo com um cronómetro.</p> <p>6.3. Manter sempre a pressão estabilizada a 1 bar até um instante t1 que define a duração do processo de desarejamento.</p> <p>6.4. No instante t1, desligar a bomba de recirculação de água (Bp), rodando o botão para a posição central.</p>							
 <p>Torneira de alimentação de CO₂</p>  <p>M1</p>  <p>Vx1</p>  <p>Botão ON/OFF da Bp</p>							
Documentos relacionados:							
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:					
POSXXXXXXX.XX		por:					
		para:					

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio	Unicer
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR	
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água			Pág. 5 de 1:1	Data emissão:

7. CARBONATAR A ÁGUA NO TDC

7.1. Fechar a válvula de escape (Vx1) e aumentar o caudal de entrada de CO₂ abrindo-se completamente a torneira de alimentação de CO₂ de modo a que a pressão (M1) atinja o valor pretendido.

7.2. Ligar novamente a bomba de recirculação (Bp) e registar esse instante t2.

7.3. Deixar que a carbonatação decorra até ao instante t3, dependendo do tempo de operação pretendido da operação dado pela diferença t3-t2.

7.4. No instante t3, desligar a bomba de recirculação (Bp).



Vx1



Torneira de alimentação de CO₂




M1



Botão ON/OFF da Bp




Documentos relacionados:														
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:												
POSXXXXXXXXXX		por:												
		para:												

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio			
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR			
FABRICO DE REFRIGERANTES – Carbonatação de água			Pág. 6 de 11	Data emissão:		

8. RECOLHER AMOSTRAS DE ÁGUA CARBONATADA
Nota: neste ponto, deverá estar ligada uma enchedora à saída da válvula Ve2-2.

8.1. Abrir as válvulas de escoamento Ve1-2 e Ve2-2.

8.2. Proceder ao enchimento e encapsulamento das garrafas. Terminado o enchimento, fechar as válvulas de escoamento Ve1-2 e Ve2-2 e a torneira de alimentação de CO₂.

**Torneira de
alimentação de CO₂**

9. DETERMINAR O NÍVEL DE CARBONATAÇÃO
Deverá ser seguido um protocolo de determinação de dióxido de carbono dissolvido no Laboratório Central da UNICER.

Documentos relacionados:													
Nº documento POSXXXXXXX.XX	Formação sobre o POS	Data:											
		por:											
		para:											

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio															
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR															
FABRICO DE REFRIGERANTES – Mistura			Pág. 7 de 11	Data emissão:														
<p>10. DESAREJAR O TP</p> <p>10.1. Fechar a torneira de alimentação de CO₂ e fechar Vr1.</p> <p>10.2. Fechar as válvulas Vx2, Ve1-2, Ve2-2. Nota: Verificar que as válvulas V, Vesg, Ve1-1, e Ve2-1 se encontram fechadas.</p> <p>10.3. Abrir a válvula de retenção de CO₂ no TP (Vr2).</p> <p>10.4. Abrir a torneira de alimentação de CO₂ e deixar que a pressão medida no manómetro (M2) atinja 1 bar. Nessa altura abrir lentamente a válvula de escape (Vx2) durante uns instantes até próximo de 0bar. No final, fechar a Vx2</p>																		
        																		
Documentos relacionados:																		
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:																
POSXXXXXX.XX		por:																
		para:																

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio		unicer	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR			
FABRICO DE REFRIGERANTES – Mistura			Pág. 8 de 1:1		Data emissão:	

11. PRESSURIZAR O TP

11.1. Aumentar o caudal de entrada de CO₂ no TP abrindo a torneira de alimentação de CO₂ de modo a que a pressão atinja e mantenha-se a 1-2bar acima da pressão do TDC.
Nota: poderá ser necessário despressurizar ligeiramente o TDC.

11.2. Fechar a torneira de alimentação de CO₂ e depois fechar a válvula de retenção de CO₂ no TP (Vr2).



Torneira de alimentação de CO₂



M2

Vr2



I1

I2

I3



Cd1

Cd2

Cd3

CdTDC



12. AJUSTAR AS CABEÇAS DA BOMBA DOSEADORA
O ajuste faz-se rodando cada uma das cabeças de modo a centrar-se o valor pretendido numa escala de 0-20mm. Esta escala corresponde ao comprimento do curso do pistão da cabeça da bomba. O valor selecionado depende da proporção pretendida do componente na bebida final. Por exemplo, considerando que se pretende na bebida final uma proporção de 1 parte de xarope (introduzido no reservatório I1) para 4 partes de água, deverão ajustar-se respetivamente as cabeças Cd1 e CdTDC para 1 e 4mm, ou para os respetivos múltiplos (i.e. 2:8, 3:12, 4:16 ou 5:20).

Documentos relacionados:														
Nº documento POSXXXXXXX.XX	Formação sobre o POS	Data:												
		por:												
		para:												

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio	
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR	
FABRICO DE REFRIGERANTES – Mistura			Pág. 9 de 1:1	Data emissão:

13. PURGAR AS PRIMEIRAS MISTURAS

13.1. Abrir a válvula V e ligar a bomba doseadora (Bd)

13.2. Abrir as válvulas Ve1-1 e Ve2-1 para remover completamente as primeiras misturas no TP.




14. ELABORAR A MISTURA PRETENDIDA

14.1. Fechar as válvulas de escoamento Ve1-1 e Ve2-1.

14.2. Abrir a válvula V.

14.3. Ligar a bomba doseadora (Bd) e, à medida que o produto dá entrada no TP, compensar o aumento de pressão medida no M2 abrindo a válvula de escape Vx2.

14.4. Desligar a bomba doseadora (Bd) e fechar a válvula V.




15. RECOLHER AS AMOSTRAS DE MISTURA

15.1. Abrir Vr2 e a torneira de alimentação de CO₂.





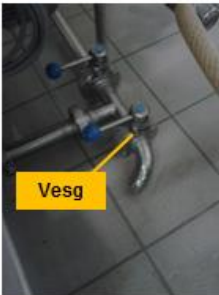

15.2. Abrir as válvulas de escoamento Ve1-1 e Ve2-2.



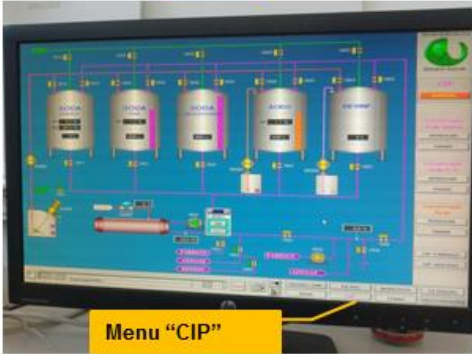
15.3. Proceder ao enchimento e encapsulamento das garrafas. Terminado o enchimento, fechar as válvulas e torneira dos pontos 15.1. e 15.2.




16. DETERMINAR O NÍVEL DE CARBONATAÇÃO E O BRUX

Deverá ser seguido um protocolo de determinação de dióxido de carbono dissolvido e do Brix no Laboratório Central da UNICER.

Procedimento Operacional Standard				Centro de Produção: Leça do Balio		Unicer						
Departamento: Desenvolvimento e Inovação		Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR								
PÓS-FABRICO				Pág.10 de 11		Data emissão:						
<p>17. DESPRESSURIZAR E ESGOTAR O TDC E O TP</p> <p>17.1. Abrir as válvulas de escape Vx1 e Vx2 de modo a despressurizar completamente os tanques.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>17.2. Abrir as válvulas de escoamento Ve1-1 e Ve2-1, e a válvula Vesg de modo a esgotar completamente os tanques.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>Vesg</p> </div> <p>18. DESLIGAR O MCM</p> <p>Rodar o botão ON/OFF para a posição horizontal</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>Botão ON/OFF do MCM</p> </div>												
Documentos relacionados:												
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
POSXXXXXXX.XX		por:										
		para:										

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio									
Departamento: Desenvolvimento e Inovação	Área: IP	Categoria: Máquina	Equipamento: Módulo de Carbonatador/Diluidor - IPR									
HIGIENIZAÇÃO			Pág.11 de 11	Data emissão:								
19. LIMPEZA CIP DOS TANQUES E TUBAGENS COM ÁGUA EM MODO MANUAL												
    												
<p>19.1. Abrir a torneira de alimentação CIP.</p> <p>19.2. Abrir as válvulas Va1, Va3, Ve1-2 e Ve2-2.</p> <p>19.3. Selecionar "CIP" no menu do autómato. No lado direito do ecrã, em "CIP", clicar com o botão esquerdo em "AUTOMÁTICO" e, na janela que entretanto se abre, selecionar "MANUAL".</p> <p>19.3. Clicar com o botão direito do rato em V507, V503 e V501.</p> <p>19.4. Clicar com o botão esquerdo do rato em B404 e, na janela que entretanto se abre, selecionar "ON". Quando cor passa de amarelo a verde, a bomba é ligada.</p> <p>19.5. No final da limpeza, fechar e desligar todas as válvulas e torneiras abertas nos pontos 19.1 a 19.4</p>												
Documentos relacionados:												
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
POSXXXXXX.XX		por:										
		para:										

A1.3. Análise de resultados dos testes de funcionamento do MCM

Tabela A1.3-1 – Valor médio da concentração de dióxido de carbono das amostras i dos j grupos de ensaios de carbonatação de água desarejada

Grupo de ensaios	Amostra i	Aj.1	Aj.2	Aj.3	Aj.4	Média das Amostras i
A1 (j=1)	1	7.71	6.29	5.85	4.22	6.02
	2	6.34	7.96	3.62	5.90	5.96
	3	8.86	6.47	5.93	7.12	7.10
	4	5.47	6.45	6.88	6.84	6.41
	5	6.98	4.39	5.29	6.99	5.91
	6	7.77	6.51	5.41	6.30	6.50
	7	NA	5.50	5.81	7.07	6.13
	8	5.46	6.52	6.55	7.09	6.41
	9	7.36	5.04	6.32	7.10	6.46
	10	7.04	6.53	6.92	6.76	6.81
	11	6.04	5.56	5.56	7.14	6.08
	12	4.83	7.03	5.52	6.93	6.08
	13	7.11	6.38	5.88	6.79	6.54
	14	NA	7.14	5.58	5.07	5.93
	15	7.53	5.42	6.28	4.35	5.90
A2 (j=2)	1	5.84	4.05	5.48	4.34	4.93
	2	6.31	4.66	5.27	6.23	5.62
	3	7.63	6.25	5.69	6.45	6.51
	4	6.15	4.48	5.60	6.55	5.70
	5	7.44	5.09	5.71	5.68	5.98
	6	7.13	5.61	5.84	7.24	6.46
	7	7.01	5.80	4.00	7.55	6.09
	8	6.68	6.87	5.80	6.75	6.53
	9	4.77	6.53	5.97	6.70	5.99
	10	5.02	6.09	6.01	4.15	5.32
	11	6.84	7.44	6.30	6.30	6.72
	12	6.68	5.43	6.12	4.80	5.76
	13	6.04	6.16	5.92	8.74	6.72
	14	6.18	5.80	5.92	6.12	6.01
	15	6.31	5.08	7.82	7.11	6.58
A3 (j=3)	1	6.72	7.83	2.21	-	5.59
	2	6.63	7.17	7.19	-	7.00
	3	6.99	7.57	8.01	-	7.52
	4	7.59	7.00	6.69	-	7.09
	5	6.98	7.41	7.54	-	7.31
	6	7.08	7.28	8.43	-	7.60
	7	6.64	7.80	7.53	-	7.32
	8	6.93	6.90	7.53	-	7.12
	9	7.09	7.44	7.06	-	7.20
	10	7.61	6.87	7.17	-	7.22
	11	6.73	7.96	6.61	-	7.10
	12	6.89	7.30	7.76	-	7.32
	13	7.81	7.80	7.03	-	7.55
	14	6.88	7.01	7.74	-	7.21
	15	7.62	7.54	6.12	-	7.09
A4 (j=4)	1	2.85	-	-	-	2.85
	2	2.55	-	-	-	2.55
	3	4.43	-	-	-	4.43
	4	3.50	-	-	-	3.50
	5	3.45	-	-	-	3.45
	6	5.58	-	-	-	5.58
	7	6.04	-	-	-	6.04
	8	3.87	-	-	-	3.87
	9	5.33	-	-	-	5.33
	10	5.67	-	-	-	5.67
	11	5.08	-	-	-	5.08
	12	5.92	-	-	-	5.92
	13	4.84	-	-	-	4.84
	14	5.00	-	-	-	5.00
	15	5.08	-	-	-	5.08

Tabela A1.3-2 – Valores das variáveis para a construção do modelo de regressão linear múltipla

Grupo de ensaios	Y	X ₁	X ₂	X ₃
A1 (j=1)	6.02	0	0	0
	5.96	0	0	0
	7.10	0	0	0
	6.41	0	0	0
	5.91	0	0	0
	6.50	0	0	0
	6.13	0	0	0
	6.41	0	0	0
	6.46	0	0	0
	6.81	0	0	0
	6.08	0	0	0
	6.08	0	0	0
	6.54	0	0	0
	5.93	0	0	0
	5.90	0	0	0
A2 (j=2)	4.93	0	1	0
	5.62	0	1	0
	6.51	0	1	0
	5.70	0	1	0
	5.98	0	1	0
	6.46	0	1	0
	6.09	0	1	0
	6.53	0	1	0
	5.99	0	1	0
	5.32	0	1	0
	6.72	0	1	0
	5.76	0	1	0
	6.72	0	1	0
	6.01	0	1	0
	6.58	0	1	0
A3 (j=3)	5.59	0	1	1
	7.00	0	1	1
	7.52	0	1	1
	7.09	0	1	1
	7.31	0	1	1
	7.60	0	1	1
	7.32	0	1	1
	7.12	0	1	1
	7.20	0	1	1
	7.22	0	1	1
	7.10	0	1	1
	7.32	0	1	1
	7.55	0	1	1
	7.21	0	1	1
	7.09	0	1	1
A4 (j=4)	2.85	1	1	0
	2.55	1	1	0
	4.43	1	1	0
	3.50	1	1	0
	3.45	1	1	0
	5.58	1	1	0
	6.04	1	1	0
	3.87	1	1	0
	5.33	1	1	0
	5.67	1	1	0
	5.08	1	1	0
	5.92	1	1	0
	4.84	1	1	0
	5.00	1	1	0
	5.08	1	1	0

Tabela A1.3-3 – Propriedades do modelo de regressão linear múltiplo gerado

Propriedade		valor
Valor-p	E	2×10^{-16}
	X ₁	3.56×10^{-7}
	X ₂	0.38
	X ₃	5.79×10^{-5}
R ²		0.6543

Tabela A1.3-4 – Valor médio da concentração de ar das amostras i dos j grupos de ensaios de carbonatação de água desarejada

Grupo de ensaios	Amostra i	Aj.1	Aj.2	Aj.3	Aj.4	Média das Amostras i
A1 (j=1)	1	4.00	2.00	6.00	6.00	4.50
	2	3.00	4.00	2.00	6.00	3.75
	3	6.00	2.00	3.00	8.00	4.75
	4	2.00	3.00	7.00	10.00	5.50
	5	4.00	2.00	4.00	7.00	4.25
	6	4.00	3.00	7.00	7.00	5.25
	7	ND	2.00	10.00	7.00	6.33
	8	4.00	3.00	10.00	7.00	6.00
	9	4.00	4.00	10.00	7.00	6.25
	10	3.00	4.00	10.00	7.00	6.00
	11	3.00	2.00	7.00	6.00	4.50
	12	3.00	3.00	11.00	17.00	8.50
	13	3.00	2.00	10.00	13.00	7.00
	14	ND	3.00	7.00	23.00	11.00
	15	3.00	3.00	7.00	8.00	5.25
A2 (j=2)	1	1	2.00	1.00	0.00	1.00
	2	1	1.00	1.00	0.00	0.75
	3	1	2.00	1.00	1.00	1.25
	4	0	0.00	1.00	0.00	0.25
	5	1	1.00	1.00	0.00	0.75
	6	1	1.00	1.00	1.00	1.00
	7	0	1.00	1.00	0.00	0.50
	8	0	2.00	1.00	1.00	1.00
	9	1	1.00	1.00	0.00	0.75
	10	1	1.00	0.00	1.00	0.75
	11	2	2.00	1.00	1.00	1.50
	12	1	1.00	1.00	1.00	1.00
	13	1	1.00	1.00	2.00	1.25
	14	1	0.00	1.00	1.00	0.75
	15	1	0.00	1.00	0.00	0.50

Tabela A1.3-5 – Valores das variáveis para a construção do modelo de regressão linear simples

Grupo de ensaios	Y	X ₁
A1 (j=1)	4.50	0
	3.75	0
	4.75	0
	5.50	0
	4.25	0
	5.25	0
	6.33	0
	6.00	0
	6.25	0
	6.00	0
	4.50	0
	8.50	0
	7.00	0
	11.00	0
	5.25	0
A2 (j=2)	1.00	1
	0.75	1
	1.25	1
	0.25	1
	0.75	1
	1.00	1
	0.50	1
	1.00	1
	0.75	1
	0.75	1
	1.50	1
	1.00	1
	1.25	1
	0.75	1
	0.50	1

Tabela A1.3-6 – Propriedades do modelo de regressão linear simples gerado

Propriedade	valor
Valor-p	E 2×10^{-16}
	X ₁ 3.8×10^{-11}
R ²	0.7952

Terminologia para descrever impressões de Aroma/Gosto		Águas, refrigerantes e sumos
2000 Aroma 2009 Aroma Insuficiente 2100 Especiarias 2106 Baunilha 2107 Cravo da Índia 2108 Canela 2120 Químico 2121 Plástico 2122 Sintético 2123 Acetaldeído 2124 Hidrocarbonetos 2125 Verniz 2140 Frutos estranhos ao produto 2142 Maçã 2143 Banana 2144 Groselha preta 2145 Melão 2146 Pera 2147 Framboesa 2148 Morango 2149 Ananás 2151 Damasco 2152 Pêssego 2153 Toranja 2154 Tangerina 2155 Lima 2156 Limão 2157 Laranja 2160 Flores 2163 Perfume 2180 Fresco 2190 Sintético 2191 Rebuçado 2192 Essência 2193 Casca fruta	2400	2900 Ácido, Acre
	2410 Caramelo 2420 Torrado 2421 Fumo 2430 Aroma Doce 2440 Enjoativo	2900 Ácido 2920 Acre 2929 Insuficiente Acre 2930 Alcolólico 2940 A pó
	2500 Fenólico 2505 Iodofórmio 2508 Cloro 2509 Medicinal	3000 Doce 3009 Doce insuficiente 3029 Doce Excessivo
	2600	
	2610 Ácidos Gordos 2619 Sabão 2621 Queijo 2622 Butírico 2623 Gorduroso 2629 Soro leite 0503 Afénico 2610 Ranço 2639 Cêra 2640 Azeite 2641 a óleo 2650 A gato	3100 Salgado 2109 Salgado Insuficiente 2129 Salgado excessivo 3200 Amargo 3209 Amargo insuficiente 3229 Amargo excessivo
	2700 Enxofre	3300 3310 Alcalino 3330 Metálico 3340 Adstringente 3341 Seco 3360 Carbonatação 3361 Carbonatação insuficiente 3362 Sobrecarbonatado 3370 Queimado 3380 Picante 3381 Conservante
	2710 Sulfítico 2720 Sulfídrico 2724 Luz 2726 Borracha queimada 2729 Cebola 2730 A mar 2721 Maresia 2132 Salmoura	3400 Corpo
	2800 Envelhecimento	3410 Corpo 3411 Aguado 3412 Sem características 3413 Equilibrado 3414 Pastoso/Puré 3479 Desequilibrado 3500 Cor 3501 Com cor 3502 Cór alterada
	2800 Envelhecida 2825 Cartão 2826 Oxidação 2827 Velho 2829 Cozido 2830 2839 Sobrepasteurizado 2840 Mofo 2841 Terra 2842 Bolores	
	2200 Resina, Nozes, Verdura, Ervas 2210 Resina 2211 Madeira 2220 Nozes 2221 Noz 2222 Noz de coco 2223 Favas 2224 Amêndoas 2230 Ervas 2231 Erva recentemente cortada 2232 Tipo palha 2240 Verde 2250 Couro	

Figura A2.2 - Lista de descritores para teses de Perfil Aromático de águas, refrigerantes e sumos

TESTE TRIANGULAR

Série N.º:	Produto:	Sim / Não
São-lhe apresentadas 3 amostras. Faça um círculo na amostra que é diferente das outras duas.		
3 Amostras - (n.º / código)		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: center;">_____</div> </div>		
Qual das amostras prefere? _____		
Porquê? _____		
Comentários: _____		

Série N.º:	Produto:	Sim / Não
São-lhe apresentadas 3 amostras. Faça um círculo na amostra que é diferente das outras duas.		
3 Amostras - (n.º / código)		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: center;">_____</div> <div style="text-align: center;">_____</div> </div>		
Qual das amostras prefere? _____		
Porquê? _____		
Comentários: _____		

Assinatura _____

N.º Mecn. _____

Data _____

IPUN098.01

Figura A2.3 - Boletim de análise para testes triangulares